

# BIM

## EN LA CONSTRUCCIÓN

### COORDINADORES

**Dra. Aurora Minna Poó Rubio**

**Dr. Jorge Rodríguez Martínez**



# BIM EN LA CONSTRUCCIÓN

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

### RECTOR GENERAL

Dr. Eduardo Abel Peñalosa Castro

### SECRETARIO GENERAL

Dr. José Antonio De Los Reyes Heredia

## UNIDAD AZCAPOTZALCO

### RECTORA EN FUNCIONES

Dra. Norma Rondero López

### SECRETARIA

Norma Rondero López

## DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

### DIRECTOR

Dr. Marco Vinicio Ferruzca Navarro

### SECRETARIO

Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas

## DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TÉCNICAS DE REALIZACIÓN

### JEFE DEL DEPARTAMENTO

Mtro. Ernesto Noriega Estrada

## ÁREA DE ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO

### JEFE DEL ÁREA

Dr. Jorge Rodríguez Martínez

## COORDINADORES DE LA PUBLICACIÓN

Dra. Aurora Minna Poó Rubio

Dr. Jorge Rodríguez Martínez

## DISEÑO Y FORMACIÓN EDITORIAL

Dra. Yadira Alatríste Martínez

Julio Elizalde Hernández

Tamara Itzel Vivanco Nava

Andrea Pamela Pacheco Sánchez

Iván Alain Espejel Rivera

Daniel Alberto Arteaga Cázares

Ilse Alejandra Villa Luna

Alejandra Samadi Gutiérrez Garza

### CORRECCIÓN DE ESTILO

Dra. Aurora Minna Poó Rubio

### PORTADA

Julio Elizalde Hernández

## COMITE EDITORIAL DE ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO

### INTERNACIONAL

Dr. Manue J. Soler Severino

Arq. Felipe Choclán Gámez

Mtro. Manuel Bouzas Cavada

Dr. José Antonio Aguirre

Designer Héctor Silva

I.D. Alexander Manú

Dra. Zamira Arsilis de Estévez

Universidad Politécnica de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

Instituto Cultural Mexicano de Los Ángeles, CA

University of Notre Dame du Lac, Indiana

Ontario College of Arts and Design, Canadá

Presidenta del Museo y Archivo Histórico,

Rep. Dominicana

### NACIONAL

Dr. Gilberto Abenamar Corona Suarez

M.I. Selene Aimée Audeves Pérez

Mtro. Sergio Álvarez Romero

Dra. Isary Paulet Quevedo

Dra. Lucía Elena Acosta Ugalde

Dr. José Antonio Forzán Gómez

Dr. Iván Navarro Gómez

Dra. Aurora Minna Poó Rubio

Dr. Jorge Rodríguez Martínez

Dr. Luciano Segurajáregui Álvarez

Arq. Rosalía Zepahua Peralta

Universidad Autónoma de Yucatán

Universidad Autónoma de Yucatán

Universidad Autónoma de Yucatán

UNAM FES Acatlán - Universidad Anáhuac

UNAM FES Acatlán

Universidad Anáhuac México

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

UAM Azcapotzalco

UAM Azcapotzalco

UAM Azcapotzalco

Presidenta Internacional del Encuentro

Iberoamericano de Mujeres Ingenieras,

Arquitectas y Agrimensoras

## BIM EN LA CONSTRUCCIÓN

© BIM en la Construcción. Es una publicación editada por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento de Procesos y Técnicas de Realización, Área de Investigación Administración y Tecnología para el Diseño. Av. San Pablo Xalpa Número 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Azcapotzalco, C.P. 02200, Ciudad de México. Tel: 53189482. Página electrónica: <https://administracionytecnologiaparaeldiseño.azc.uam.mx>. Dirección electrónica: [admontechnologia\\_diseño@hotmail.com](mailto:admontechnologia_diseño@hotmail.com). El libro BIM en la Construcción, electrónico, ISBN: 978-607-28-1305-1.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS abril de 2018. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de ©Universidad Autónoma Metropolitana. Impreso en México por la Sección de Impresión y Reproducción de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, con domicilio en Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Azcapotzalco. México D.F. CP 02200. Teléfono conmutador: 5318-9000.

Este número se terminó de imprimir el 15 de diciembre de 2017 con un tiraje de 100 ejemplares. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación, por lo que los artículos presentados son responsabilidad del autor.

# CONTENIDO

<b>P</b>	<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>V</b>
	Dra. Aurora Minna Poó Rubio	
<b>01</b>	<b>ARQUITECTURA DIGITAL INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EN EL DISEÑO CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
	COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010 Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI,TAMU, ICA, e invitados Dra. Aurora Minna Poó Rubio Arq. Juan Antonio Morris Laventman	
<b>02</b>	<b>DECONSTRUCCIÓN DE LA FORMA Y CONSTRUCCIÓN DEL ESPACIO EN UN AMBIENTE DIGITAL... ..</b>	<b>15</b>
	ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO ANUARIO 2010 Dra. Aurora Minna Poó Rubio	
<b>03</b>	<b>INTRODUCCIÓN AL MODELO INTEGRADO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>33</b>
	ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO ANUARIO 2010 Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra M. I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé	
<b>04</b>	<b>INTEROPERABILIDAD ENTRE SISTEMAS COMPUTACIONALES BIM Y DE PRECIOS UNITARIOS ORIENTADOS A LA CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>53</b>
	1er. CONGRESO DE ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA LA ARQUITECTURA, DISEÑO E INGENIERÍA 2007 Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma, PhD, - DBIA M. I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé	
<b>05</b>	<b>CONJUNTO DE HERRAMIENTAS PARA LA INTEROPERABILIDAD DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN INTEGRALES .....</b>	<b>67</b>
	ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO ANUARIO 2010 Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra M. I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé	
<b>06</b>	<b>LA INTEGRACIÓN DIGITAL DE LA INFORMACIÓN. DEL PROYECTO EJECUTIVO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>79</b>
	Arq. Tomás Enrique Sosa Pedroza Dra. Aurora Minna Poó Rubio	



07	<b>LA NORMA INTERNACIONAL ISO 21500 Y SU INTERRELACIÓN CON LA GESTIÓN DE PROYECTOS BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) ..... 93</b>
	Compilación de Artículos de Investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción 2014 Arq. Felipe Choclán Gámez Dr. Manuel Soler Severino
08	<b>IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS DEL SURESTE DE MÉXICO ..... 103</b>
	Compilación de Artículos de Investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción 2015 Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra
09	<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS BIM APROVECHABLES EN DISTINTOS USOS DE LA ETAPA DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN ..... 113</b>
	Compilación de Artículos de Investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción 2014 M.I. Selene Aimee Audeves Pérez M.I. Romel Gilberto Solís Carcaño M. I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé
10	<b>DISEÑO, DESARROLLO Y USO DE UN GESTOR PARA LA PERSISTENCIA DE LOS CONOCIMIENTOS DE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)..... 127</b>
	Compilación de Artículos de Investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción 2014 M. I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé M.I. Romel Gilberto Solís Carcaño Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra
11	<b>PROPUESTA PARA GENERAR MODELOS DE CONSTRUCCIÓN BIM DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN.. 137</b>
	Compilación artículos de administración y tecnología para la arquitectura, diseño e ingeniería 2013 I.C. Maricela Laguna Hernández M.I. Selene Aimée Audeves-Pérez Dr. Gilberto Abenamar Corona Suarez Ing. Nicolás Zaragoza Griffé
12	<b>ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE ACTIVOS FÍSICOS EN EDIFICIOS DE OFICINAS..... 151</b>
	Compilación de Artículos de Investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción 2014 Dr. Baruch Ángel Martínez Herrera Dra. Aurora Minna Poó Rubio
13	<b>REVIT: UNA HERRAMIENTA CON INTEROPERABILIDAD BIM..... 165</b>
	COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2009 Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma, PhD, - DBIA Ing. Nicolás Zaragoza Griffé

14	<b>UN PROTOTIPO COMPUTACIONAL PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PLANEACIÓN DE OBRAS CON BASE EN MODELOS BIM .....</b>	<b>179</b>
	Compilación artículos de administración y tecnología para la arquitectura, diseño e ingeniería 2013	
	Ing. Nicolás Zaragoza Griffé	
	M.I. Romel Gilberto Solís Carcaño	
	M.I. José Antonio de Jesús González Fajardo	
15	<b>LA ADMINISTRACIÓN DE LOS MATERIALES EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN MEDIANTE MODELOS BIM .....</b>	<b>191</b>
	Compilación artículos de administración y tecnología para la arquitectura, diseño e ingeniería 2013	
	Ing. Marco Antonio Medina Pacheco	
	Dr. Gilberto Abenamar Corona Suárez	
16	<b>ADMINISTRACIÓN DE INSTALACIONES POR MEDIO DEL CONTROL DE INFORMACIÓN POR MEDIOS GRÁFICOS .....</b>	<b>201</b>
	COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010.	
	Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA, e invitados	
	Dr. Baruch Ángel Martínez Herrera	
17	<b>SEGUIMIENTO AL PROGRAMA DE OBRA UTILIZANDO BIM 4D Y CÁMARAS WEB .....</b>	<b>209</b>
	COMPILACIÓN DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2011	
	Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma, PhD, - DBIA	
	Dr. Sergio Omar Álvarez Romero	
	M.I. María de Lourdes Gómez Lara	
18	<b>PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA LA UADY, UTILIZANDO TECNOLOGÍAS SIG Y BIM .....</b>	<b>219</b>
	Compilación de Artículos de Investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción 2014	
	Arq. Pamela Leticia Alcalá Certz	
	<b>M.I. Selene Aimee Audeves Pérez</b>	
	M.I. José Antonio de Jesús González Fajardo	
	Dr. José Humberto Loría Arcila	
19	<b>LA METODOLOGÍA BIM EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR RETAIL .....</b>	<b>235</b>
	Compilación de Artículos de Investigación de la Red Académica Internacional Diseño y Construcción 2015	
	Arq. Hugo Sánchez Vicente	
	Arq. Felipe Choclán Gámez	







**Dra. Aurora Poó Rubio**  
Universidad Autónoma Metropolitana, México

P

---

PRÓLOGO





*“La Tecnología, como el arte, es un ejercicio altísimo de la imaginación humana”*

*Daniel Bell*

Los avances en la tecnología han llegado a todos los ámbitos del trabajo humano. Ejemplo son el diseño arquitectónico y la construcción de obras que se han visto beneficiados con estos adelantos que son parte ya de nuestro presente y no visiones del futuro. El Internet de las cosas, big data, automatización o la analítica avanzada, se han desarrollado de manera simultánea con el modelado en 3 dimensiones, la visualización de los proyectos arquitectónicos, la producción virtual y la impresión 3D, para generar productos inteligentes.

Estos procesos de base tecnológica se desarrollan velozmente y los ambientes productivos de la industria de la construcción ya han sido impactados y lo serán aún más en los próximos años. Muchas decisiones están apoyadas en esta información y el manejo de las cifras y reportes así generados demanda personal capacitado. La administración de la gran cantidad de datos que se crea en cada obra es vital desde el principio de la gestación del diseño y su desarrollo, donde, con la experiencia de proyectos y obras anteriores y en ambientes simulados se busca el excelente diseño bajo dos premisas: las mejores prácticas en los proyectos ejecutados y las obras construidas, y la experiencia de los colaboradores para contribuir al éxito del desempeño.

Y de manera simultánea, se maneja la información para la programación y presupuestación de la construcción, la selección y manejo de contratistas y subcontratistas, proveedores, adquisiciones, tiempos de entrega y restricciones en la cadena de suministros, administración de los recursos



humanos, maquinaria y financieros. Si bien con anterioridad también se generaban y manejaban muchos datos, eran islas de información poco vinculadas entre sí. En la actualidad, con la metodología BIM (Building Information Modeling), todos los sistemas de información de los procesos productivos en la obra se han integrado, la información se puede compartir a distancia y en tiempo real con todos los actores involucrados en el proyecto.

En estas condiciones, las instituciones generadoras de obras y las empresas prestadoras de servicios se están rediseñando con nuevos modelos de negocios enfocados en satisfacer las actuales demandas y experiencias de los clientes. En esta era de múltiples innovaciones y modificaciones de lo ya establecido, los profesionales actualizados son los que pueden no solamente sobrevivir sino beneficiarse de los cambios en integración de sistemas y análisis de datos, cómputo en la nube, modelado y simulación, integración de sistemas e impresión 3D, y naturalmente, en los avances tecnológicos que surjan en el tiempo.

El libro que aquí presentamos reúne el trabajo de investigación referente a BIM de la Red Académica de Diseño Construcción integrada por académicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México (UADY), el Worcester Polytechnic Institute (WPI) de Massachusetts, Estados Unidos y del Área de Administración y Tecnología para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (UAM). También han colaborado con la Red investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España y, dentro de la UAM, académicos de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Materiales, del Área de Construcción.

Cabe mencionar que los artículos ya han sido publicados con anterioridad en los Anuarios de Administración y Tecnología para el Diseño y las

Compilaciones de Artículos de Investigación en Administración y Tecnología para la Arquitectura, Diseño e Ingeniería, productos del trabajo de investigación del Área que edita anualmente desde 1999, como se indica en el índice del presente libro. Con estos libros se buscó conjuntar y ordenar las investigaciones acerca de BIM en dos publicaciones; el primer libro es BIM en la Universidad que recoge las diversas experiencias docentes y de aplicación de la investigación en el aula de las instituciones involucradas en la Red, tanto en el nivel de Licenciatura como de Maestría y Doctorado. El libro BIM en la Construcción se enfoca en las investigaciones en el ámbito profesional del proyecto arquitectónico y la ejecución de la obra.

En este libro BIM en la Construcción, el primer artículo titulado Arquitectura Digital, Integración de sistemas en el Diseño Construcción, cuyos autores la Dra. Aurora Poó Rubio y el Arq. Juan Islas Morris Laventman, ambos de la UAM, analizan el desarrollo de los medios digitales enfocados a la arquitectura y la construcción, con un enfoque en la creatividad y experimentación formal. Se enumeran y describen las características de los programas de cómputo más usuales que son base para el diseño arquitectónico de proyectos y su construcción, de obras que se caracterizan por su audacia formal y constructiva.

El siguiente artículo, Deconstrucción de la forma y construcción del espacio en un ambiente digital, también de la Dra. Aurora Poó Rubio, estudia la actual accesibilidad a los mundos virtuales en el que el mundo real ha ganado con las experiencias del mundo digital. Presenta una visión de las corrientes arquitectónicas actuales y la manipulación de la forma y del diseño hasta llegar a edificios modernos de gran complejidad tanto en escala, proporciones, materiales y estructura.

Un tercer artículo Introducción al Modelo Integrado de Diseño y Construcción de dos distinguidos investigadores de la UADY, el Dr. Julio Rodríguez

Baeza Pereyra y el M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé. El sector de la construcción en México usualmente ha comunicado la información de los proyectos arquitectónicos mediante planos, croquis, notas y documentos complementarios y describen como BIM integra toda la información de un proyecto con objeto de solucionar las deficiencias en detalle de los mismos, y cómo pueden integrarse en beneficio de la obra, del cliente del proyectista y del constructor.

El artículo Interoperabilidad entre sistemas computacionales BIM y de Precios Unitarios orientados a la construcción, del Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma del WPI de Massachusetts, y del M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé analiza la interoperabilidad entre los programas de cómputo de la plataforma BIM y los de costos de construcción. Se utilizó el programa Autodesk REVIT para el modelado del proyecto con los atributos que demanda BIM y el programa de costos SINCO para lograr la integración del presupuesto final.

Los investigadores Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra y el M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé ambos de la UADY, elaboraron el artículo Conjunto de herramientas para la interoperabilidad de proyectos de construcción integrales. El enfoque de este trabajo fue lograr que la información contenida en reportes extraídos de REVIT pueda ser exportada a programas como SincoWfi, Microsoft Excell y Microsoft Project, programas comerciales, para fines de elaboración de presupuestos y programación de obra.

A continuación, se presenta el artículo La integración digital de la información, del proyecto ejecutivo a la construcción de la obra, del Arq. Tomás Sosa Pedroza y la Dra. Aurora Poó Rubio, de la UAM, en el que se hace un análisis del avance de la penetración de la tecnología BIM en los despachos de arquitectura desde la etapa de diseño y elaboración del proyecto ejecutivo, y expone las ventajas para la administración y control de la

obra cuando BIM se implementa desde las etapas tempranas del proyecto.

La Norma Internacional ISO 21500 y su interrelación con la gestión de proyectos BIM del Arq. Felipe Choclán Gámez y del Dr. Manuel Soler Severino ambos de la Universidad Politécnica de Madrid, analizan en este estudio la gestión y dirección de proyectos bajo la metodología BIM, cumpliendo al mismo tiempo los requisitos que marca la Norma ISO 21500 y la manera como se ve impactada la construcción de la obra.

El Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra de la UADY, escribió el artículo Implementación de BIM en las empresas de sureste de México. En el que evalúa las implicaciones derivadas del uso de BIM tanto en empresas constructoras del sureste de la República como de instituciones generadoras de obra que están exigiendo BIM como parte de los procesos de diseño arquitectónico y de construcción de obras y compara los procedimientos actuales con los que se llevan a cabo internacionalmente.

El artículo Aplicación de la Metodología para la generación de Modelos BIM aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de proyectos de edificación de los M.I. Selene Aimée Audevez Pérez, Romel Gilberto Solís Carcaño y Jesús Nicolás Zaragoza Grifé, investigadores de la UADY, establecen la relevancia de llevar a cabo una correcta implementación de BIM por parte de los integrantes del equipo del proyecto y la importancia de manejar el adecuado nivel de detalle del proyecto en cada etapa del mismo.

En el artículo que se presenta a continuación, Diseño, desarrollo y uso de un gestor para la persistencia del uso de los conocimientos de Building Information Modeling (BIM) cuyos autores son el M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé, el M.I. Romel Gilberto Solís Carcaño y el Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra de la UADY, se analiza el desarrollo de un gestor y una base de conocimientos sobre



BIM en una página web para que los diferentes integrantes del equipo del proyecto se comuniquen, interactúen y estén informados sin la limitación geográfica, de horarios o del tiempo invertido en el desarrollo del proyecto.

Los académicos de la UADY I.C. Marisela Laguna Hernández, M.I. Selene Aimée Audévez Pérez, Dr. Gilberto Abenamar Corono Suárez y el Ing. Nicolás Zaragoza Grifé investigan acerca de una Propuesta para generar modelos de construcción BIM de proyectos de edificación para la gestión y conducción de proyectos de ingeniería en varias etapas de su ciclo de vida, para lo cual analizan los componentes de un proyecto de edificación a ser realizado bajo el formato integral que permite esta metodología.

El artículo Administración y control de activos físicos en edificios de oficinas producto de las investigaciones de sus autores el M. en Arq. Baruch Ángel Martínez Herrera y la Dra. Aurora Poó Rubio, ambos de la UAM, emplean la metodología BIM para administrar y controlar los activos físicos en instalaciones corporativas utilizando programas de cómputo comerciales para obtener el inventario gráfico de mobiliario, equipo de cómputo, equipo de comunicación, vehículos, etc. así como del personal que lo tiene asignado por parte de la empresa. Se presenta como caso de estudio.

Revit, una herramienta con interoperabilidad BIM de los investigadores de la UADY, el Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra de la UADY, Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma del WPI y el Ing. Nicolás Zaragoza Grifé. En este documento se estudia el problema de la generación de volúmenes de obra como uno de los procedimientos más laboriosos, tardados y susceptibles de producir errores presupuestales y en el flujo económico de la obra. Al emplear el programa de cómputo REVIT de AUTODESK, cada elemento tiene atributos, especificaciones y se generan volúmenes de obra de cada uno de ellos y los correspondientes

reportes que pueden ser vinculados a los programas de costos.

Un prototipo computacional para la estimación de costos y planeación de obras en modelos BIM es un producto de la investigación llevada a cabo en la UADY por los académicos M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé, M.I. Romel Gilberto Solís Carcaño y M.I. José Antonio de Jesús González Fajardo, en el que ponen en evidencia las posibilidades computacionales adicionales a los programas de cómputo que se manejan usualmente y que el prototipo diseñado viene a complementar para estimar precios unitarios, integrar el presupuesto del proyecto y la programación de la obra.

El artículo Administración de los materiales en proyectos de edificación mediante modelos BIM de autoría del Ing. Marco Antonio Medina Pacheco y del Dr. Gilberto Abenamar Corona Suárez de la UADY, analiza los insumos que representan el porcentaje más fuerte de los gastos en una obra que son los materiales de construcción. Se aprovecha la capacidad de los actuales programas de cómputo para asociar las características e información de los materiales a los elementos y componentes del proyecto para la mejor gestión de los materiales.

El siguiente artículo Seguimiento al Programa de Obra utilizando BIM-4D y cámaras web de los académicos Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma del WPI, el Dr. Sergio Omar Álvarez Romero y la M.I. María de Lourdes Gómez Lara de la UADY, experimentan la metodología BIM para la Programación de Obra y la complementan con registros en videos y fotografías del avance de la obra utilizadas en diferentes localizaciones para dar seguimiento vía internet a los procedimientos constructivos en tiempo real.

La UADY ha dado gran importancia a la investigación de la metodología BIM y los académicos la han aplicado en las propias instalaciones de la Universidad. El artículo Propuesta de un sistema

de administración de infraestructura para la UADY utilizando tecnología SIG y BIM, tiene como objetivo implementar un sistema de administración de sus propias instalaciones que incluya la planeación, mantenimiento y operación a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones del Campus de Ingeniería y Ciencias de la UADY, en Mérida, Yucatán.

El último artículo, pero no menos importante, es un trabajo de los investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid, España, La metodología BIM en proyectos de construcción en el sector retail, del Arq. Hugo Sánchez Vicente y del Arq. Felipe Choclán Gámez, quienes elaboran un estudio de caso acerca de la rehabilitación y reúso de edificaciones comerciales y estudian las posibilidades y flexibilidad de BIM.

## CONCLUSIONES

La tecnología BIM se ha difundido de manera acelerada tanto desde la etapa de desarrollo de los proyectos arquitectónicos, así como de la construcción de la obra. Tiene la ventaja de que involucra a los diferentes actores que inciden en todas y cada una de las etapas del proyecto, quienes pueden compartir la información gracias a los actuales programas de cómputo que propician que los cambios sean accesibles a distancia y en tiempo real, con un importante ahorro de tiempo y de costo.

Los investigadores de las instituciones involucradas en la presente publicación han explorado las posibilidades de diseñar edificaciones sencillas o de alta complejidad formal y estructural, y analizan los beneficios y limitaciones de los actuales programas de cómputo que abordan BIM y su vinculación con programas comerciales como Microsoft Office®,

Microsoft Project®, SIG®, los diferentes programas de costos y presupuestos, entre otros[1].

El uso de BIM está presente en importantes despachos internacionales de arquitectura como el de Zaha Hadid o Frank Ghery así como en despachos nacionales, igual que en empresas constructoras globales y locales y paulatinamente es también un requerimiento para licitaciones tanto de proyectos arquitectónicos como de construcción, esta publicación pretende dar fe de ello.

---

1- Cabe mencionar que los grados académicos de los investigadores son aquellos del momento de la publicación de los artículos y que han podido variar en el tiempo, de acuerdo con el término de sus estudios de posgrado.



ABU DHABI PERFORMANCE ARTS CENTER. ZAHA HADID [29]



**Dra. Aurora Minna Poó Rubio**

Universidad Autónoma Metropolitana, México  
pram@correo.azc.uam.mx - dra.aurora.poo@gmail.com

**Arq. Juan Antonio Morris Laventman**

Universidad Autónoma Metropolitana, México  
morrismails@hotmail.com

01

---

## ARQUITECTURA DIGITAL INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EN EL DISEÑO CONSTRUCCIÓN



*"El arquitecto es el hombre sintético, el que es capaz de ver las cosas en conjunto antes de que estén hechas".*

*Antoni Gaudí*

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es hacer un análisis de la evolución que han tenido los medios digitales enfocados a la arquitectura y la construcción y su impacto en el trabajo de los profesionales, tanto durante la fase de diseño de un proyecto, como en la edificación del mismo. Se estudia el impacto de la arquitectura virtual y su papel de impulsora de la creatividad y la experimentación formal que han favorecido el surgimiento de nuevos estilos arquitectónicos caracterizados por diseños de gran complejidad que hoy por hoy proliferan por todo el mundo proyectados con la ayuda y el desarrollo de programas de cómputo de vanguardia que también han hecho posible su construcción.

Se enumeran y describen las características principales de algunos de los programas de cómputo más usuales que se emplean en México y se reflexiona acerca de la prospectiva del trabajo digital que desarrollarán en el futuro cercano los arquitectos para continuar con el diseño de formas complicadas y audaces, la problemática de los constructores para llevarlas a cabo y cómo cada vez se está llegando a la integración de todo el proceso de una obra por medio de ambientes digitales para el diseño-construcción.

Palabras clave: arquitectura digital, construcción, software, sistemas digitales.



## INTRODUCCIÓN

### LA CUESTIÓN DEL DISEÑO DIGITAL EN ARQUITECTURA

En la actualidad se ha venido desarrollando un nuevo lenguaje arquitectónico sustentado en medios digitales que rápidamente se ha vuelto hegemónico entre los proyectistas de la vanguardia arquitectónica mundial y que ha dado como resultado un nuevo estilo arquitectónico de características notables: formas complejas y dinámicas, relaciones de curvatura-linealidad inéditas hasta ahora, conceptos y métodos de trabajo también diferentes de los tradicionales, especialmente de arquitectos contemporáneos que basan su trabajo en ambientes digitales de avanzada.

El paradigma que ha surgido presenta una dualidad: Por un lado, se trabaja en conceptos creativos y de experimentación formal del diseño y, en paralelo, se abordan los métodos y técnicas empleados para llegar a estos diseños de gran complejidad y para construirlos. El estilo actual de la arquitectura está apoyado en una nueva generación de herramientas de cómputo para el modelado del espacio en 2 y 3 dimensiones así como de animación que está vinculado a los datos duros de geometría y dimensionamiento que soportan la construcción de dichos proyectos.

El paradigma que ha surgido presenta una dualidad: Por un lado, se trabaja en conceptos creativos y de experimentación formal del diseño y, en paralelo, se abordan los métodos y técnicas empleados para llegar a estos diseños de gran complejidad y para construirlos. El estilo actual de la arquitectura está apoyado en una nueva generación de herramientas de cómputo para el modelado del espacio en 2 y 3 dimensiones así como de animación que está vinculado a los datos duros de geometría y dimensionamiento que soportan la construcción de dichos proyectos.

### DE LA ERA PRE-DIGITAL A LA ERA DIGITAL.

Una de las primeras definiciones de la arquitectura digital o arquitectura virtual es "Aquel universo de objetos construidos, visualizados, accedidos, manipulados y utilizados tridimensionalmente, con propósito arquitectónico y de permanencia con derecho propio, en un ámbito digital informático que les confiere su condición de virtualidad, pudiendo esta ser activada dentro o fuera de línea" Vélez, 2000[27].

Las primeras experiencias en la arquitectura asistida por computadora datan de los años 60. Algunas de las primeras reflexiones en el área se dieron a inicios de los 90; entre los autores destaca Marco Novak con su ensayo sobre "Arquitectura Líquida" y escritos subsiguientes. A partir de entonces se generó una corriente dinámica tanto en los arquitectos que deseaban experimentar las posibilidades que ofrecían los medios digitales como en los estudiosos que generaron análisis sobre el tema.

Hasta la década de los 80, la mayor parte de las oficinas internacionales de arquitectura no basaban su trabajo en la computadora, si bien su uso sistemático data de entonces. La computadora era útil como herramienta para proyectos convencionales con un lenguaje arquitectónico establecido. El dibujo en 2 dimensiones utilizado para la representación de plantas, cortes y fachadas ayudó a simplificar el trabajo con el manejo de capas que se podían superponer como hojas de papel (layers), con la ventaja de hacerlo de manera simultánea.

El empleo de la computadora en un ámbito virtual en el cual se creaba un proyecto arquitectónico de estas

---

27 - Vélez Jahn, Gonzalo. Arquitectura Virtual. Fronteras. En Construyendo en el Espacio Digital. Libro de Ponencias del 4º. Congreso de SIGRADI, Río de Janeiro, Brasil. 2000.

características, se limitaba a ser una herramienta de representación, es decir, únicamente de dibujo, y la parte creativa proyectual generalmente se daba de manera independiente; el resultado era un conjunto de planos que contenían las plantas, cortes, fachadas, perspectivas axonométricas, etc. todo lo necesario que requería cada proyecto en el aspecto de diseño.

Las plantas podían dibujarse en varias capas (layers) con o sin mobiliario, con o sin acabados, etc. Sin embargo cada plano era autónomo, tanto en los cortes como en las fachadas, el dibujo era independiente; el manejo de la computadora generalmente lo hacía un arquitecto-estudiante capturista y lo revisaba y aprobaba el proyectista. La computadora vino a automatizar tareas de dibujo tediosas y repetitivas y ayudó a disminuir errores, incrementar la eficiencia y a facilitar el almacenaje de datos como modificaciones al proyecto que se efectúan de manera constante. Los cambios quedaban guardados y los archivos podían ser accedidos en diferentes unidades de cómputo, enviados vía correo electrónico al equipo de trabajo extendido, contratistas, proveedores y aún a clientes, etc., el ploteo de planos podía ser efectuado en lugar distinto a la oficina que les dio origen, entre otros aspectos. Sin embargo, el ambiente digital estaba fraccionado en islas de tecnología. Por un lado en la computadora no se podía diseñar ni experimentar, el diseño se hacía de manera paralela; para la realización de los planos del proyecto se contaba fundamentalmente con programas 2D[28].

El problema de este sistema de trabajo consiste en que la interrelación de datos en plantas, cortes y fachadas y la acuciosidad del trabajo estaba en manos de los estudiantes-arquitectos-capturistas que podían ser varias personas que trabajaban en partes del proyecto, por lo que los errores podían abundar, la coordinación de diferentes proyectistas

se dificultaba (diseño estructural, de instalaciones, etc.) y las modificaciones frecuentemente no quedaban plasmadas en todos los planos. Podía suceder que no hubiese planos actualizados en la obra y, consecuentemente, tampoco los había al finalizar la construcción. Para efectos de la integración de la documentación requerida para la construcción de las obras, había diversos programas de cómputo adicionales, algunos de uso sistemático en las oficinas y otros específicos. Los presupuestos, la elaboración de números generadores, el análisis de precios unitarios se efectuaba con programas de bases de datos, entr es de obra u otro documento y hacer las correcciones correspondientes.

También había software especializado para la construcción como los programas para elaborar análisis de costos y presupuestos. Los programas básicos elaboraban tarjetas de precios unitarios que quedaban almacenados en una base de datos; en el formato de presupuestación se capturaban las cantidades de obra y el programa vinculaba cada concepto con su volumen de obra y su precio unitario. El formato general ya estaba dividido en partidas y conceptos de obra y efectuaba las operaciones matemáticas correspondientes para integrar el presupuesto.

El software permitía la impresión de diferentes reportes: presupuesto integrado, precios de materiales, costos de la mano de obra, volúmenes de obra, entre otros. Sin embargo, las modificaciones en el proyecto requerían de modificaciones al presupuesto o a algunos de los datos que lo integraban, operaciones que tenían que ser trabajadas por el capturista responsable de ese trabajo. La parte de costos y presupuestos también era otra isla de tecnología sin mayor vinculación con los programas de diseño y dibujo. Algunos de los programas disponibles en el mercado son Opus® de AllPlan® y Neo Data®, entre otros.

Situación similar se daba con la programación de obra. El software más utilizado en arquitectura y

---

28 - En México se ha usado básicamente AUTOCAD® de la firma AUTODESK®.



**Figura 1.1** Abu Dhabi Performance Arts Center. Zaha Hadid [29].



**Figura 1.2** Lincoln Center Alice Tuilly Frank Gehry (renovación) [30].



**Figura 1.3** Museo Guggenheim Bilbao. Frank Gehry [31].

29 - Fotografía de acceso libre en internet. [www.zahahadid.com](http://www.zahahadid.com).

30 - Fotografía de acceso libre en internet.

construcción era Microsoft Project® que, sin ser un software específico para estas disciplinas, se ajustaba a las necesidades de los proyectos de construcción, aunque también podía ser empleado para programar cualquier tipo de proyecto como una campaña política o la fabricación de un nuevo modelo de automóvil. Tampoco estaba vinculado con los planos arquitectónicos ni con el programa de costos y presupuestos y algunos datos ajenos al programa debían ser incorporados, como es la duración de las actividades de la programación. Con el paso del tiempo, la programación de obra también se ha integrado dentro de los programas de costos y presupuestos.

En los últimos veinte años se ha vivido una revolución en las también conocidas como (TICs) Tecnologías de la Información y la comunicación que, al ser incorporadas al trabajo de diseño en arquitectura, han transformado la disciplina. Indudablemente, la selección de los medios para representar-diseñar ha tenido un impacto importante en el carácter de los resultados de diseño (ver figura 1.1).

Dado que el pensamiento del diseño está ligado a los medios de representación, el abanico de posibilidades se ha ampliado con la expansión de las nuevas herramientas digitales que existen en el mercado en la actualidad (Schumacher, 2004).

La introducción generalizada de la computadora en la década de los 90s desembocó en el florecimiento de la arquitectura digital actual, que permitió la realización material de las obras sin comprometer la creatividad del diseñador. La entrada del modelado en 3 dimensiones fue otro paso importante que permitió diseños complicados en sus relaciones línea-curvatura y volumenforma e hizo posibles composiciones mucho más complejas. Se llegó a la articulación plástica, a la fluidez tectónica y a la complejidad estructural dominada con confianza y precisión. La búsqueda de nuevas formas fue posible gracias a las innovaciones

formales y conceptuales alcanzadas previamente. Las herramientas llegaban a los estudios de diseño tan pronto como estaban en el mercado y estos se convertían en verdaderos centros experimentales de diseño, en laboratorios de investigación formal (ver figura 1.2).

## LA ARQUITECTURA DIGITAL EN LA ACTUALIDAD

A la fecha, la arquitectura de vanguardia utiliza herramientas avanzadas de software. Los medios de representación y diseño como trabajo en capas por medio de Rayos X (X rays layering) y proyecciones múltiples en perspectiva que permiten la experimentación formal mediante distorsiones de la forma de manera controlada, la visualización simultánea de diversas partes de un proyecto para ser observadas en varios monitores de computadora de manera sincrónica y admiten operaciones gráficas múltiples mientras el programa de cómputo guarda los datos duros: dimensiones, alturas, áreas, colores, texturas, formas de los elementos del proyecto, etc. que, almacenados en la base de datos del mismo programa, quedan registrados con sus correspondientes especificaciones de construcción y volúmenes de obra. Estos pueden vincularse con un programa de costos y presupuestos; todos estos datos, al modificar una parte del proyecto, también cambian reflejando el resultado en el presupuestos de manera interrelacionada. Softwares actuales también trabajan la 4ª dimensión, el tiempo. Y con ellos pueden realizarse los programas de construcción, en primer lugar el programa de tiempos y, con los datos de volúmenes de obra y presupuestos, los programas de compras y suministro de materiales, de administración de recursos humanos y de maquinaria y equipo.

Con el programa de tiempo y el presupuesto también se obtiene el programa financiero de la

obra: al tener determinados los gastos por semana, quincena o mes, se obtienen las erogaciones por período durante la construcción (egresos) y con ellos se determina la aplicación y fuente de los recursos económicos que se aplicarán a la obra (ingresos).

A la fecha, la tendencia es a la integración digital de los elementos del proyecto que permite mantener la libertad creativa y la experimentación formal, combinada con el almacenamiento con posibilidades de manipulación de los datos técnicos y económicos requeridos por la construcción, en un ambiente controlado y de interrelación automática que facilita las modificaciones en el proyecto y las actualizaciones de los correspondientes datos. Los sistemas CAD permiten tener en archivo el record histórico de las transformaciones del proyecto (ver figura 1.3).

El expediente técnico de la obra[32], es el conjunto de planos y documentos anexos al contrato para la construcción de la obra que son necesarios para su realización. Conjuntar este cúmulo de papeles es indispensable tanto para la contratación de la obra y la adjudicación de los trabajos como para la obtención de los permisos y licencias de construcción.

El expediente técnico de la obra está compuesto por todos y cada uno de los planos que integran el proyecto ejecutivo, que son aquellos con los que se debe construir la obra. Adicionalmente se anexan una serie de documentos que lo complementan. Estos son las especificaciones de todos los conceptos de obra, los números generadores (volúmenes de obra de cada concepto especificado), el presupuesto de la obra con precios unitarios por concepto y por partida de obra.

---

31 - Fotografía de acceso libre en internet. A la fecha, el Arq. Frank Gehry ha creado una empresa de servicio que desarrolla software de alta tecnología enfocado a la arquitectura y a la industria de la construcción a través de productos encaminados al Modelado para la Construcción (Building Modeling Information, BIM por sus siglas en inglés). [www.gehrytechnologies.com](http://www.gehrytechnologies.com).

---

32 - Suárez Salazar, Carlos. Ley y Reglamento de Obras Públicas actualizada y comentada. Limusa Noriega Editores. México, 2004. La nomenclatura y definiciones están de acuerdo con lo que marca la citada Ley para la contratación de obra pública en México.

Asimismo se incluyen los Programas de Obra: el Programa de Tiempo (elaborado usualmente por el Método de la Ruta Crítica), el de Materiales y Suministros, el de Maquinaria y Equipo y el Programa Financiero de la obra (ingresos y egresos por período de tiempo, semanas, quincenas, meses, etc. dependiendo del tipo de obra de que se trate). La integración de la documentación para poder construir una obra ha sido sistemáticamente un dolor de cabeza tanto para los proyectistas como para los constructores y este procesa un gran número de documentos y dibujos procesados con diferentes programas, algunos de ellos software de uso común en las oficinas además de todos los planos que conforman el proyecto ejecutivo elaborados con los programas de dibujo usuales. La reunión de toda la documentación que forma el expediente técnico siempre ha sido una tarea casi manual donde las citadas de islas de tecnología han proporcionado ayuda pero el problema de la integración digital, aunque se tiene identificado, no se ha resuelto completamente; sin embargo, las empresas de software están trabajando en la búsqueda de soluciones integradoras.

## INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA DEL PROYECTO Y SU CONSTRUCCIÓN: EL MODELADO DE INFORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN BIM

McGraw-Hill Construction (2009). Define al Modelado de Información para la Construcción (BIM, Building Information Modeling por sus siglas en inglés) como el proceso de crear y usar modelos digitales para el diseño, la construcción y/o la operación de los proyectos.

De manera más amplia, se considera el Modelo de Información para la Construcción (BIM), también llamado Modelo de Información para la Edificación, como "el proceso de generación y administración de datos del edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para integrar toda la información del proyecto, de

su construcción y operación, optimizar los recursos (tiempo, materiales, recursos humanos, maquinaria y equipo y financieros). Este proceso produce el modelo de información del edificio (BIM), que abarca la geometría[33] del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica[34], así como las cantidades y especificaciones de los componentes del edificio" (Hollness, 2009). A la fecha la integración abarca más aspectos y no todos han sido resueltos.

El origen de este concepto data de inicios de los setenta y se atribuye la difusión del concepto de Modelo de Información de Edificación, como un sinónimo de BIM, al profesor Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology por medio de libros y artículos académicos. Sin embargo, parece haber un consenso generalizado acerca de que Jerry Laiserin fue quien popularizó la palabra BIM como un término común para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar y hacer interoperativa la información en formato digital.

En el año de 1978 se presentó la primera versión de SigmaGraphics®, desarrollado por Sigma Design

---

33 - La geometría, del griego geo (tierra) y metrón (medida), es la rama de la matemática que se ocupa de las propiedades de las Figuras geométricas en el plano o el espacio, como son: puntos, rectas, planos, polígonos, poliedros, paralelas, perpendiculares, curvas, superficies, etc. Permite la solución de problemas concretos relativos a medidas y es la justificación teórica de muchos instrumentos, por ejemplo el compás, el teodolito y el pantógrafo. Tiene su aplicación práctica en física, mecánica, cartografía, astronomía, náutica, topografía, balística, etc. También da fundamento teórico a inventos como el sistema de posicionamiento global (en especial cuando se la considera en combinación con el análisis matemático y sobre todo con las ecuaciones diferenciales) y es útil en la preparación de diseños.

34 - La información geográfica es el conjunto de datos espaciales georreferenciados requeridos en una construcción desde su etapa de proyecto como parte de las operaciones administrativas, legales y técnicas. Dichos geodatos poseen una posición implícita (una referencia catastral o datos de un documento de propiedad, por ejemplo) o explícita (coordenadas de un sitio o terreno obtenidas a partir de datos capturados mediante GPS, etc.).



International, de Alexandria, Louisiana, Estados Unidos, el cual posteriormente se denominó ARRIS CAD® en el año de 1984, en un entorno completamente dedicado a la arquitectura y construcción. Este software originalmente fue desarrollado para entornos multitarea tales como UNIX/XENIX y actualmente trabaja bajo sistemas operativos de Windows de Microsoft®.

A la fecha, son diferentes proveedores tecnológicos los que han desarrollado programas que ofrecen esta integración: Sigma Design®, Autodesk®, StruCad de AceCad Software®, Bentley Systems, Graphisoft, Tekla, Nemetschek, y CADDetails, entre otros. El concepto de BIM en el área de diseño y construcción presenta varias opciones en cuanto a plataformas y software para la implementación del mismo según los diferentes proveedores.

### **PROGRAMAS DE CÓMPUTO DISPONIBLES EN MÉXICO**

A la fecha la oferta de software en México es extensa. Si bien no se dispone de todos los programas o no están actualizados como la oferta que existe en el mercado en Estados Unidos, Europa o Asia, hay proveedores que comercializan algunos de ellos. A continuación se enumeran y describen los principales programas disponibles en el mercado mexicano. La empresa Autodesk® fue una de las que iniciaron la comercialización de software dedicado a la arquitectura. Indudablemente el programa más conocido en el medio es AutoCAD®, ampliamente utilizado en oficinas de arquitectos, instituciones que generan obra y proyectos, así como en universidades y por sus estudiantes. Es una herramienta de representación para dibujo en 2D y 3D, utilizada para generar documentos y planos, así como programación y renderización[35] en sus últimas versiones.

Tiene herramientas integradas de dibujo para crear diseños contextualizados. Han sido incorporadas diversas librerías de detalles constructivos,

mobiliario, entre otras. También genera cortes y fachadas y, actualmente, ya es capaz de tomar los datos de las plantas del proyecto, manteniendo las capas, el color de línea y otras propiedades del plano que da origen a los datos. Calidad inicial ha sido su capacidad para el dimensionamiento: Se acotan todos los elementos(muros, ventanas, pisos, etc.) y sus componentes de acuerdo con estándares personales de medición. Como el dimensionamiento es asociativo, automáticamente se actualizan los cambios en el diseño, eliminando el trabajo repetitivo y las actualizaciones manuales (Autodesk, 2010)[36].

Su mayor virtud es ser el software de mayor uso en la comunidad de arquitectos y constructores, por lo que las actualizaciones son fácilmente absorbidas por los usuarios. Parte de la revolución digital fue el surgimiento de software para el manejo de 3D. Uno de los programas más conocidos es 3D Max®, software de modelado, animación, renderización y composición en 3D. Estos programas, que comparten la tecnología básica, han caminado por dos vertientes, una para diseño gráfico empleada por desarrolladores de juegos y realizadores de efectos visuales, y la otra con características especializadas para arquitectos, diseñadores, ingenieros y especialistas en visualización. Tiene herramientas avanzadas de modelado poligonal y diseño de formas libres en 3D, renderizado 3D, animación 3D de alta calidad y opciones de sombreado y texturizado, entre otros aspectos. Tiene la capacidad de importar datos de múltiples orígenes y transferencia de la información entre archivos, aplicaciones, usuarios y ubicaciones. Permite la recopilación y el uso compartido para

---

35 - Realización de dibujos de presentación usualmente en perspectiva, para ser presentados al cliente o para fines de comercialización de la obra (departamentos, hoteles, centros comerciales, etc.). Para mayores efectos visuales se realizan en color, con texturas en los materiales, reflejos en los vidrios, sombras, entre otros efectos. También se adiciona vegetación, automóviles, personas.

36 - [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com). Accesada el 12 de septiembre 2010.



usuarios múltiples por lo que favorece el trabajo colaborativo (Autodesk, 2010).

Estos programas han permitido a las oficinas vanguardistas de arquitectura la creación de audaces construcciones donde las formas se manipulan y la experimentación en el diseño es cotidiana. Tienen la capacidad de tomar datos de programas de 2D y convertirlos a 3D de manera visual espectacular con lo que el diseño está inmerso en el trabajo digital mientras que los datos técnicos y dimensionales se mantienen. Respecto de los programas de cómputo enfocados a BIM, la empresa EcoSoft® (firma mexicana) es socio y distribuidor de Nemetschek® (compañía alemana desarrolladora de software especializado, con casa matriz en Munich) ofrece en México varios programas enfocados al diseño arquitectónico y a la construcción; entre ellos está AllPlan®, BIM Arquitectura® que es una solución CAD, basada en (BIM), Modelo de Información del Edificio (SIC), que permite integrar el proceso de diseño, la documentación, la presentación de proyectos arquitectónicos y la gestión del proyecto en obra, dentro de una plataforma gráfica única (Ecosoft, 2010). El programa es compatible con los programas usuales de 2D. Esta empresa también comercializa el programa Opus de costos y precios unitarios para elaborar presupuestos de obra, por lo que presenta un interesante grado de integración 2D, 3D y costos y precios unitarios. Programas complementarios de la firma antes citada son AllPlan® Sketch como módulo complementario de All Plan BIM Arquitectura para dibujar croquis a mano libre en una tableta digitalizadora (Tablet PC) y también AllPlan Territorio con soluciones para urbanismo, topografía y arquitectura del paisaje, que puede representar en redes 2D curvas de nivel y planos de altimetría y 3D a través de la lectura de datos topográficos, entre otras posibilidades.

La empresa Autodesk[37], entre sus productos tiene el programa Autodesk Revit Architecture® que ayuda a explorar conceptos y formas de

diseño innovadores desde etapas tempranas del desarrollo del proyecto arquitectónico, mientras crea, mantiene y modifica los datos numéricos y gráficos necesarios para la construcción del proyecto. Es el software que soporta el concepto BIM que incluye los aspectos formales y conceptuales del proyecto, el diseño sustentable, la planeación de la construcción y fabricación de elementos; adicionalmente facilita el trabajo colaborativo entre arquitectos, ingenieros, especialistas, constructores y con los clientes.

Actualiza de inmediato todos los cambios que sufre el proyecto a lo largo de su desarrollo por medio de modificaciones a los planos y a los documentos generados, con lo que se pretende que el proyecto tenga una mejor coordinación y documentación confiable. Autodesk tiene numerosos productos. AutoCAD 2D se complementa con AutoCAD® Civil, AutoCAD 3D, AutoCAD Electrical, AutoCAD Freestyle (para dibujos a mano libre), AutoCAD Inventor Suites (para diseño para la manufactura en 3D, realización de prototipos y simulación de productos), AutoCAD Land Desktop, AutoCAD Map 3D (los dos últimos para urbanismo, topografía y arquitectura del paisaje, así como para mapas). Para presentaciones de proyectos en 3D, están 3D Max y 3D Max Design. Como soporte para el trabajo en el sistema BIM, está AutoCAD Revit Architecture (anteriormente mencionado), AutoCAD Structural Suite (para diseño estructural), Structural Detailing® (para detalles estructurales), Autodesk Ecotect Analysis (para diseño ecológico), Autodesk® Civil Infrastructure

---

37 - Autodesk es una empresa originaria de los Estados Unidos que fue fundada hace más de 25 años y ha sido pionera en el desarrollo de software basado en sistemas CAD (computer aided design). Su programa más conocido, especialmente en México es AutoCAD 2D; adicionalmente ha incursionado en el diseño de soluciones 3D y soluciones integradoras para arquitectura, ingeniería, construcción, diseño y manufactura, así como para la industria del entretenimiento a través de medios digitales.

38 - Smart Market Report. Building Information Modeling (BIM). Transforming Design and Construction to achieve greater industry productivity. McGraw-Hill Construction 2008.

(Diseño de infraestructura), Autocad Revit Engeneering para instalaciones hidráulicas y santarias, así como para instalaciones eléctricas y mecánicas), Process Plant Design (diseño de plantas industriales) y Real State (bienes raíces). La empresa también ha incursionado en la industria del entretenimiento y ha desarrollado software para diseño gráfico y animación. El programa Autodesk Maya es uno de ellos. La mayor ventaja de sus productos es un nivel más alto de integración entre los distintos programas diseñados por la firma.

### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL TRABAJO CON LOS DIFERENTES PROGRAMAS DE CÓMPUTO QUE APOYAN AL BIM**

Los diferentes softwares diseñados bajo el concepto BIM buscan mejorar la interrelación de las diferentes personas trabajando sobre un mismo proyecto, la coordinación es evidentemente más fácil que con las plataformas que manejan 2D, 3D y programas de cómputo adicionales pero inconexos. El software puede destacar interferencias inmediatamente. Se pretende que haya un aumento de la productividad, menos horas-hombre, lo que se traduce a menores costos. También se pretende que haya un mejor diseño con calidad de detalle superior: Con este sistema se puede dedicar más tiempo al diseño ya que se reduce el tiempo en que hay que pasar los bosquejos iniciales a CAD. Además, este sistema exige pensar y diseñar todos los detalles, ya que de no hacerlo, el modelo queda inconcluso. Es educativo ya que estos programas obligan a los arquitectos que trabajan en grandes proyectos a tomar decisiones rápidas al exigir mayor cantidad de detalle y les precisa a encontrar respuestas prontamente.

Mejora la comunicación y el control de la información del proyecto: La base de datos de BIM se convierte en la fuente central para toda la información del proyecto. Adicionalmente, la generación automática de base de datos da lugar

a servicios complementarios para los arquitectos como la estimación de costos y presupuestación, la administración y programación de la obra y la visualización de imágenes a partir de los modelos. Facilita la relación con el cliente al poder mostrarle cómo va avanzando el diseño de la obra en 3D. En cuanto a los problemas y requerimientos, es necesario hacer notar que se necesita adiestramiento adecuado. El primer requisito es que el usuario entienda el concepto de BIM, de integración de todo el proceso del proyecto desde la etapa de diseño, la construcción de la obra y la operación del edificio.

Esto implica que la alta gerencia debe involucrarse en que todo el equipo de proyectistas y constructores conozcan y dominen el sistema BIM. Tanto los programas de la plataforma BIM y del equipo de cómputo necesario representan un alto costo, pues se necesitan equipos de cómputo más poderosos con varios monitores de alta resolución para cada usuario para ser usados de manera simultanea, además de servidores de gran capacidad para soportar los programas y los proyectos generados, equipo eficiente para el almacenaje de datos, plotters de altas cualidades de impresión, entre otros elementos.

### **CONCLUSIONES**

La tecnología digital para el proyecto evidentemente ha venido a revolucionar el campo de la arquitectura. Si bien no todos los arquitectos desean o les interesa la experimentación en este campo, o no tienen el cliente que promueva este tipo de proyectos, el futuro se percibe dentro de ambientes digitales cada vez más sofisticados en cuanto a los resultados esperados, pero, al mismo tiempo, más fáciles de usar, con interfaces más amigables con los usuarios.

Respecto de la integración de sistemas para la construcción, también se avizora la consolidación de la tendencia a organizar y vincular todos los procesos de la obra, desde la etapa de

diseñoexperimentación y concreción formal hasta la construcción de la obra, sin omitir la operación, el mantenimiento y la administración del edificio y todos los sistemas que lo integra. La implementación de BIM en el flujo de trabajo de una organización, requiere de un plan de acción adecuado. Es en este punto donde la empresa debe apoyarse en expertos que proporcionen la capacitación necesaria para los diferentes niveles de usuarios de BIM, como son diseñadores, arquitectos, constructores, gerentes de planeación, ingenieros y los propios dueños de las firmas.

Es importante la incorporación de los diferentes especialistas en el proceso de reestructuración de sus procesos de trabajo, conocimiento y dominio de las soluciones disponibles de software y las mejores prácticas para la implementación de cada una de ellas (Boxek, 2010).

Algunas empresas, inicialmente comienzan a adentrarse en la metodología de integración de sistemas mediante su aplicación en casos de estudio o proyectos piloto que ayudan a experimentar y a resolver durante la práctica los problemas reales que la organización ha experimentado antes o durante la implementación de BIM. Este procedimiento ayuda a compenetrarse en la tecnología BIM y reducen el tiempo de transición entre la metodología CAD anterior y la actual con BIM; BIM está ganando terreno rápidamente, muchos arquitectos y constructores que previamente manejaban la tecnología CAD se esfuerzan por adoptarla y adaptarse a ella y las nuevas generaciones pronto estará usándola como parte natural de su entorno de trabajo, y como tantas veces lo hemos visto, sólo el más capacitado sobrevivirá en el competitivo entorno de la industria de la construcción.

## BIBLIOGRAFÍA

All Plan BIM, Catálogo de productos. Ecosoft, S. de R.L. de C.V., México, 2010.

Autodesk, Catálogo de productos. México 2010.

Coles, Alex et al. Design and Art. The MIT Press 2007. ISBN-10: 0-262-53289-1.

Galofaro, Luca. Digital Eisenman: An office in the electronic era (The Information Technology Revolution in Architecture). Birkhäuser-Publisher for Architecture, 1999. Bassel, Switzaerland. ISBN 3-7643-6094-1.

De Zegher, Caterine y Wigley, Mark. The Activist Drawing. Retracing Situationist Architectures from Constant's new Babylon to Beyond. The MIT Press 2001. ISBN-10: 978-0-262-04181-X.

Grands Travaux. Numero Special Connaissance des Arts. La Villette. Paris, Francia, 2002.

Hadid, Zaha y Betsky, Aaron. The complete buildings and projects. Rizzoli International Publications, 1998. ISBN-13:978-08478.2133.4.

Holness, Gordon V.R. "Building Information Modeling Gaining Momentum." ASHRAE Journal. Pp 28-40. June 2008.

Schumacher, Patrick. Digital Hadid. Landscapes in Motion. Birkhäuser – Publishers for Architecture. Switzerland, 2004. ISBN 3-7643-0172-4

Spilier, Neil. Digital Architecture Now: A global survey of emerging talent. Editorial Thames & Hudson, London, Ingland, 2009. ISBN-10 9780500342473.

Suárez Salazar, Carlos. Ley y Reglamento de Obras Públicas actualizada y comentada. Limusa Noriega Editores. México, 2004.

Ventury, Robert. Complexity and Contradiction in Architecture. The Museum of Modern Art, New York, 2a. Edición, 2002. ISBN-13: 978-0870702822

Wigley, Mark. The Architecture of Deconstruction. Derrida's haunt. The MIT Press, 1995. ISBN- 10: 0-262-73114-2

Zaha Hadid. Catálogo de la exhibición en el Museo Guggenheim de Nueva York. 2006 ISBN: 978-0-89207-346-7.

Zeliner, Peter. Hybrid Space: New Forms in Digital Architecture. Rizzoli International Publications. 1999. ISBN-10: 0847822034

### ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Dongre, Alpana, R., Deshpande, S.A., Ingle, R.K. Emerging Architectonic Forms and Designed Forms. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 3, November 2007 (Pags. 55-67)

De Mesa, Andrés, Quilez, Joan y Regot, Joaquín. Análisis geométrico de Formas Arquitectónicas Complejas. Construyendo el espacio digital. SIGRAD, Río de Janeiro, 2000.

D'Souza, Newton. Design Intelligences: A case for multiple intelligences in Architectural Design. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (Pags. 15-34)

Ghani, Isham. Function defies form: A thought for Architecture in the new information age. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 3, September 2007 (Pags. 68-75)

Llavaneras Sánchez, Gustavo y Vélez Jahn, Gustavo. Arquitectura para las ciudades digitales. Junio 2009. [www.arqchile.cl](http://www.arqchile.cl). (Accesada el 19/06/2010).

Llavaneras Sánchez, Gustavo y Vélez Jahn, Gustavo. Arquitectura virtual. Junio 2009. [www.arqchile.cl](http://www.arqchile.cl). (Accesada el 19/06/2010).

Mandour, M. Alaa. Mixed Reality: The deconstruction of time/The restructure of future. ArchNet- UAR.

International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (77-91)

Martínez Expósito, Alfredo. Semiotic Organization of Space and Time in Film. Revista Alpha No.23. Diciembre 2006. Pags. 181-200. Versión On Line. ISSN 0718-2201. University of Queensland, Head School of Languages and Comparative. Australia.

Niezabitowski, Andrzej M. Architectonics – A System of exploring Architectural Forms in Spatial Categories. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (92-129)

Smart Market Report. Building Information Modeling (BIM). Transforming Design and Construction to achieve greater industry productivity. McGraw-Hill Construction 2008.

Palmquist, Stephen. The architectonic form of Kant's Copernican Logic. Metaphilosophy, Vol. 17, Issue 4, Pags. 266-288. Agosto 2007. Metaphilosophy LLC Blackwell Publishing Ltd.

The business value of BIM. Getting Building Information Modeling to the bottom line. Smart Market Reports. Design & Construction Intelligence. Editorial McGraw-Hill Construction. 2009

### PÁGINAS WEB

<http://noticias.arquired.com.mx> Proyecto Futurista Capital Gate en Abu Dhabi. Accesada el 08/06/2010.

[www.allplan.com.mx](http://www.allplan.com.mx). (Accesada el 22/09/2010).

[www.autodesk.com](http://www.autodesk.com). (Accesada el 12/09/2010).

[www.gherytechnologies.com](http://www.gherytechnologies.com). (Accesada el 15/02/2010).

[www.guggenheim\\_bilbao.es](http://www.guggenheim_bilbao.es). (Accesada el 15/02/2010).

[www.ibiblio.com](http://www.ibiblio.com) Web Museum, Paris.  
(Accesada el 6/04/2010).

[www.magazine\\_deutschland.de](http://www.magazine_deutschland.de).  
Edelman, Thomas.

Laboratorio de la Modernidad. 6/04/2010

[www.zahahadidarchitects.com](http://www.zahahadidarchitects.com)  
(Accesada el 24/04/2010).

VILLA SABOYA, LE CORBUSIER[10]



**Dra. Aurora Minna Poó Rubio**  
Universidad Autónoma Metropolitana - México  
pram@correo.azc.uam.mx - dra.aurora.poo@gmail.com

02

---

## DECONSTRUCCIÓN DE LA FORMA Y CONSTRUCCIÓN DEL ESPACIO EN UN AMBIENTE DIGITAL





## INTRODUCCIÓN

Los avances en la tecnología han afectado nuestro entorno de muy diferentes formas y la arquitectura no se ha escapado de ello; las nuevas tecnologías han cambiado la percepción de los espacios y de los lugares, de las formas y de los volúmenes, de los materiales y de las estructuras. Dos aspectos se han desarrollado de manera paralela, por un lado, se ha facilitado la accesibilidad hacia diversos mundos virtuales y, por el otro, el mundo material parece haber ganado con la experiencia del mundo digital.

En cuanto a la arquitectura, las diversas tecnologías digitales han incrementado la velocidad del dibujo de planos, se ha abierto un campo de experimentación formal por medio del modelado virtual articulado con la exactitud que ofrecen los programas de cómputo; también hay una mayor vinculación del trabajo proyectual con la ejecución de la obra, así como la intercomunicación entre las diversas personas y aún oficinas involucradas en un proyecto, sin importar que puedan estar ubicadas en lugares distantes en una misma ciudad o aún en ciudades o países diferentes. En el presente trabajo se aborda el desarrollo tecnológico digital y su impacto en el diseño arquitectónico, una visión somera y no exhaustiva de las corrientes arquitectónicas recientes y la manipulación de la forma y del diseño con ayuda de programas de cómputo, así como la creciente complejidad de muchos de los edificios modernos, tanto por su escala, proporciones, materiales y estructuras, como por la complicación de los programas arquitectónicos y los requerimientos funcionales que se tienen que cumplir; todo esto desde la perspectiva del desarrollo digital.

## ANTECEDENTES

Los espacios virtuales no son producto actual de la tecnología. Desde mucho tiempo atrás se han creado mundos imaginarios en la literatura y en las artes. Desde el Renacimiento se pintaban lugares en perspectiva y el cuadro -obra en dos dimensiones- contenía la representación del espacio. En contraste con las formas planas de épocas anteriores, los pintores de siglo XV estaban obsesionados por la representación de la profundidad, inquietud que se resume en una frase de Paolo Ucello, quien consideraba la perspectiva como "la manifestación de la belleza".

En la figura (2.1) se puede apreciar el tratamiento en perspectiva del espacio interior como fondo de los personajes centrales del cuadro. Si bien en esa época el género paisajístico también se cultivaba con entusiasmo, carecía del detallismo minucioso de los primitivos artistas flamencos, pero buscaba los efectos de profundidad para encuadrar sus Figuras. A partir de 1840, con la invención de la fotografía y el cine, la búsqueda de la captación de estos mundos virtuales se intensificó (Mandour, 2007). Actualmente, las nuevas tecnologías, especialmente la multimedia han ampliado las posibilidades de representar y recrear el espacio de manera virtual. En la figura (2.2) se observa la profundidad y el tratamiento espacial de la perspectiva con un solo punto de fuga.

---

1 - Jan Van Eyck, pintor flamenco del siglo XV, fue un gran innovador; tiene un interesante manejo de la perspectiva en la representación bidimensional del espacio con detallismo en los decorados y gran colorido; utilizó el óleo como técnica pictórica. Fotografía de acceso libre en Internet. [www.cossio.net/..../cuadros.jpg](http://www.cossio.net/..../cuadros.jpg). Accesada el 16/06/2010.

2 - La Escuela de Atenas es una de las grandes obras de la pintura renacentista que celebra la investigación racional de la verdad. Es un fresco ubicado en la Signatura del Vaticano. La configuración de la arquitectura del templo de la sabiduría, con los nichos de Apolo y Palas Atenea, es una muestra del espacio renacentista. La perspectiva se inspira en las obras de Leonardo da Vinci y en los personajes de Miguel.



IZQUIERDA **Figura 2.1**

La perspectiva en la pintura. Los esposos Arnolfini. Jan Van Eyck. Siglo XV. National Gallery, London [1].

ABAJO **Figura 2.2**

La perspectiva en la pintura. La Escuela de Atenas. Rafael Sanzio. Museo Vaticano [2].





Izquierda **Figura 2.3**

Retrato de Iván Kliks. Kazimir Malévich, 1913. Museo Ruso[4].  
[www.drassolt.com/imagenes/picasso](http://www.drassolt.com/imagenes/picasso). Accesada el 24/04/2010.

3 - Edelman, Thomas. Laboratorio de la Modernidad. El artículo habla acerca la celebración del 90 aniversario de la Bauhaus en el 2009. Exposiciones en Weimar, Dessau, Berlín y Nueva York recuerdan a la influyente y controvertida institución, que realizó aportes esenciales a las formas modernas en la arquitectura, el arte y el diseño. El arquitecto Walter Gropius (1883-1969) fue nombrado primer director de la Universidad de Artes Plásticas del Gran Ducado de Sajonia. Gropius la une con la Academia de Artes y Oficios, cerrada desde 1915, y la bautiza "Staatliches Bauhaus in Weimar". La fundación oficial tiene lugar el 1 de abril de 1919. El mismo mes, Gropius redacta el Manifiesto de la Bauhaus. "¡El objetivo de toda actividad artística es la construcción!". Es un texto inspirado en las corrientes expresionistas: La nueva universidad toma como modelo los talleres medievales de construcción de las catedrales góticas, en los que los artesanos y los artistas trabajaban juntos. Si bien el modelo es antiguo, la visión de Gropius fue sumamente moderna: "Los arquitectos, los pintores y los escultores deben volver a conocer y comprender la forma pluridimensional de la construcción en su totalidad y en sus partes. Sus obras volverán entonces a llenarse por sí solas del espíritu arquitectónico que se ha perdido en el arte de salón", escribe. Revolucionaria es la combinación que surge en Weimar de arte y artesanía, revolucionario es también el rechazo a las viejas concepciones de las academias de arte, en las que los estudiantes debían imitar durante años la forma de trabajo de sus profesores y la creación artística se orientaba por modelos históricos. Con el fin de la Primera Guerra Mundial no sólo colapsó el viejo orden político. También las estrategias y concepciones estéticas del siglo XIX pasaron súbitamente a ser obsoletas. [www.magazine\\_deutschland.de](http://www.magazine_deutschland.de).

La preocupación de los artistas plásticos por la representación de espacio evoluciona. En el siglo XVII se reconsidera el espacio y empieza a experimentarse con él. Las que fueron novedades de la contemporaneidad se fueron incorporando paulatinamente a las obras de algunos grandes maestros de entonces. La ruptura radical del academicismo y de las formas compositivas tradicionales que representó el movimiento moderno a principios del siglo XX, daría origen a diferentes corrientes en todas las artes. La Bauhaus[3] tiene gran influencia tanto en el arte, como en el diseño y la arquitectura, igual que el surgimiento del arte abstracto de Paul Klee, Wassily Kandinski, Piet Mondrian y Kazimir Malévich que, alejados de la representación figurativa, abordaron la abstracción de las formas (ver figura 2.3).

"Ángel. En el centro está Platón con el Timeo señalando el cielo y Aristóteles con la Ética presidiendo un gran número de personajes. A la izquierda se encuentra Sócrates conversando con Alejandro Magno. También están Epicuro y Pitágoras. Se ha pretendido ver en esta pintura una representación de las siete artes liberales. En

Derecha **Figura 2.4**

Tres Mujeres. Pablo Picasso 1907. Museo del Ermitage, San Petersburgo[5,6]



el primer plano, a la izquierda: Gramática, Aritmética y Música, a la derecha: Geometría y Astronomía y en lo alto de la escalinata Retórica y Dialéctica. Fotografía de acceso libre en Internet. [www.cossio.net/..../cuadros.jpg](http://www.cossio.net/..../cuadros.jpg). Accesada el 16/06/2010."

Otra corriente relevante fue el cubismo, movimiento artístico que se dio en Francia entre 1907 y 1914 encabezado por Pablo Picasso (figura 2.4), Georges Braque y Juan Gris. Las formas de la naturaleza se construyen por medio de Figuras geométricas, las líneas y superficies se fragmentan, se adopta la perspectiva múltiple al representar varias caras de un objeto en un mismo plano, de frente, de perfil, de un lado u otro. Ya no hay punto de vista único, ni sensación de profundidad.

Las obras producidas dentro de este movimiento son de difícil comprensión al no tener referentes Figurativos inmediatos; la imagen representada es frecuentemente ilegible, no se puede decodificar la Figura y estructurar mentalmente el objeto representado. Fue el primer movimiento en

estar apoyado en un discurso escrito, siendo este tan importante como la misma práctica artística. El cubismo fue un movimiento que afectó no únicamente a las artes plásticas. El escritor francés Guillaume Apollinaire lo llevó a la literatura; en busca de recomponer la realidad mezclando imágenes y conceptos al azar. A partir de 1840, con la invención de la fotografía y el cine la búsqueda de la captación de estos mundos virtuales se intensificó (Mandour, 2007). Gracias a la fotografía, el espacio se pudo captar en dos dimensiones; la perspectiva, que había sido manejada como una ilusión óptica, pudo ser manipulada. La fotografía de una plaza tomada de frente, generalmente da una imagen plana pero si se maneja el escorzo, por ejemplo en

---

4 - [www.museoruso.blogspot.com/2998/10/retrato-de-ivan-klum](http://www.museoruso.blogspot.com/2998/10/retrato-de-ivan-klum). Fotografía de acceso libre en internet. Accesada el 6/04/2010.

5 - [www.drasolt.com/imagenes/picasso](http://www.drasolt.com/imagenes/picasso). Accesada el 24/04/2010.

6 - [www.artespaña.nosdomains.com/biografia/pablo\\_picasso.html](http://www.artespaña.nosdomains.com/biografia/pablo_picasso.html). Accesada el 24/04/2010



una fila de árboles, el primero de ellos en primer plano y el décimo al final, produce una imagen en la que se acentúa la profundidad. La perspectiva y la profundidad van de la mano, depende de la ubicación del observador, en este caso el fotógrafo, para acentuar el espacio y ambiente del lugar. La organización de las dimensiones espacial y temporal en el lenguaje fílmico presenta algunas particularidades con respecto a otras manifestaciones discursivas. En el cine, el espacio y el tiempo son ejemplos imprescindibles del relato. Evidentemente, en el cine el espacio se construye a través de la imagen, pero hay otros elementos que contribuyen a su creación y concreción como son los personajes, el ruido, la música, la temporalidad, entre otros.

Como ocurre en la pintura y la fotografía, la imagen fílmica es físicamente bidimensional, pero en la pantalla plana se representa un espacio tridimensional ficticio mediante imágenes fuertemente icónicas; el espacio fílmico se hace equivaler a las características de la cámara: el punto de vista, la perspectiva y la relación objetividad-subjetividad (Martínez, 2006)[7]. El encuadre y la angulación del espacio tienen capacidad expresiva y han sido utilizados frecuentemente en el cine.

Actualmente, las nuevas tecnologías, especialmente la multimedia han ampliado las posibilidades de representar y recrear el espacio de manera virtual. Cada vez que esto ha sucedido, han surgido nuevos paradigmas de innegable importancia. Lo digital impacta en la posibilidad de representar la idea de diseño y poderse comunicar sin que el observador tenga los conocimientos técnicos del realizador -se modifica la relación cliente-observador y arquitecto-realizador del diseño-, se incrementan la velocidad de la representación del diseño y el trabajo colaborativo en ambientes virtuales que no necesariamente comparten el espacio físico, además de que hay mayores posibilidades de efectos visuales en la presentación, mayor capacidad de experimentación, entre otras ventajas.

Cada vez que se han ampliado las posibilidades de la representación virtual del espacio han surgido nuevos paradigmas de genuina importancia. Cabe señalar que, como arquitectos y como usuarios de los espacios construidos, estamos más familiarizados con el espacio real, con el espacio físico que ha sido el ámbito de acción y la materia de trabajo de la arquitectura, de la planeación de espacios y de ciudades, del urbanismo y naturalmente de la construcción. Si consideramos al objeto arquitectónico como un sistema espacial, tenemos que referirnos al concepto de sistema: es un ordenado y cohesivo conjunto de componentes que conforman un todo que es más que la suma de las partes; cada elemento está caracterizado por un conjunto de atributos; todos los componentes están interconectados por una serie de relaciones que forman la estructura del sistema; cada componente tiene una relación específica con el sistema en su totalidad y tiene una función particular dentro de él. En conjunto, estas relaciones conforman un sistema. (Niezabitowski, 2009).

En este contexto, el objeto arquitectónico puede ser considerado como un conjunto de elementos espaciales interconectados de manera tal que el observador puede percibirlo visualmente como un todo, cohesivo y ordenadamente integrado. (Ibid, 2009) La percepción del espacio es primordialmente visual, compuesto de elementos como forma, dimensión, textura, color, etcétera. El edificio o el conjunto arquitectónico entendido como un todo, con su forma, volumen, dimensiones, texturas, colores, materiales, pisos, techos, estructura, etcétera, es la materia de nuestro estudio.

---

7 - Martínez Expósito, Alfredo. "Semiotic Organization of Space and Time in Film", Alpha No. 23. Diciembre 2006. Pags. 181-200 Versión On Line. ISSN 0718-2201. University of Queensland, Head School of Languages and Comparative. Australia.

8 - La Morfología (del griego morfos, forma y «λογος» logos, estudio) es la disciplina que estudia la generación y las propiedades de la forma. Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua.

9 - Sintaxis, del latín syntaxis, significa coordinar. Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua.



**Figura 2.5** Villa Saboya, Le Corbusier[10].

Dos componentes importantes para la percepción del objeto arquitectónico son la morfología y la sintaxis. La morfología[8] es la apariencia externa del objeto, es la cualidad geométrica que puede ser descrita por medio de los conceptos y formas establecidos en la geometría euclidiana.

Adicionalmente, cada objeto arquitectónico contiene una cierta cantidad de elementos y unidades de diferentes clases que forman espacios llenos y espacios vacíos que siempre se complementan y nunca existen separados unos de los otros. Se establece una regla de articulación general para la definición del espacio que relaciona la Figura y su contorno, que establece los límites, las fronteras del objeto arquitectónico tanto en el campo físico como en el visual. Referente a la sintaxis[9] la definición aplicada al mundo digital dice que es el conjunto

de reglas que definen las secuencias correctas de los elementos de un lenguaje de programación, enunciado que puede ser retomado para explicar las relaciones del objeto arquitectónico como la composición u ordenamiento de los elementos que integran el todo arquitectónico.

### LA FORMA EN LA ARQUITECTURA

Las diferentes corrientes arquitectónicas han manejado la forma de maneras disímiles. Desde formas geométricas puras hasta como las pirámides de Egipto hasta las morfologías complejas renacentistas, desde la austeridad morfológica formal de la arquitectura internacional hasta el barroquismo exacerbado del actual movimiento deconstructivista, la forma ha sido objeto de estudio, manipulación, experimentación y empleada como símbolo del momento, de la época y del estilo del autor.

10 - [www.GreatBuildings.com](http://www.GreatBuildings.com). Fotografía de acceso libre en Internet. Accesada el 11/02/2010.



Izquierda **Figura 2.6**

Arquitectura deconstructivista, Biblioteca Central de Seattle. Rem Koolhaas[12].

11 - Hubo dos sucesos importantes para el movimiento deconstructivista. El primero, la exposición de 1988 en el Museo de Arte Moderno de Nueva York Deconstructivist Architecture (Arquitectura Deconstructivista) organizada por Mark Wigley, crítico de arquitectura y Philip Johnson, arquitecto, en la que se exhibieron obras de Frank Gehry, Bernard Tschumi, Zaha Hadid, Daniel Libeskind, Rem Koolhaas, Peter Eisenmann y Coop Himmelb(l)au. El segundo evento fue el concurso internacional para el proyecto del Parc de la Villette en París convocado en 1982, que fue ganado por Tschumi (plan urbano general y proyecto de las Folies) y en el que también participaron Jacques Derrida, filósofo francés, importante teórico que integra la filosofía, la arquitectura y el deconstructivismo, y Peter Eisenmann. Este último, influido por Derrida es el que sienta las bases filosóficas del movimiento literario de la deconstrucción. Como parte del conjunto Guy de Portzamparc proyectó la Cité de la Musique. También Zaha Hadid fue invitada a participar. Grands Travaux. Numéro Spécial Connaissance des Arts. La Villette. Pp. 52-59. El Parc de la Villette, Cité des Sciences et de l'Industrie es un parque en 12 hectáreas, que contiene un conjunto cultural compuesto por la Grande Halle, Museo de las Ciencias, en las instalaciones de la sala de ventas del antiguo rastro de París, las Folies, estructuras con connotaciones industriales también proyectadas por Tschumi, construidas con finalidad escultórica más que utilitaria, la Géode estructura geodésica, la Cité de la Musique y otras instalaciones más. Además de espacios verdes también utilizados para actividades culturales como el auditorio al aire libre. Es parte de los Grands Travaux (Grandes Trabajos) impulsados por el entonces presidente de Francia, François Mitterrand. Se inauguró el 14 de marzo de 1986. imágenes 7 y 8.

El movimiento moderno en el campo de la arquitectura, que tuvo efecto en las primeras décadas del siglo XX, busca la pureza de la forma, rompe con la ornamentación y predominan las plantas y secciones ortogonales, los volúmenes se caracterizan por su geometría perfecta, cubos y rectángulos, con cilindros en ocasiones y pocas superficies curvas. La Bauhaus ejerce una influencia determinante y se impone el racionalismo basado en la tecnología y en lo industrial. Le Corbusier, exponente del Movimiento Moderno junto con Walter Gropius, Mies Van der Rohe, Peter Behrens, proyecta la Villa Savoye, (figura 2.5) que es un ejemplo de ingravidez con pureza formal racionalista, las columnas elevan la casa y sus características estructurales permiten la fluidez de los espacios, el uso de terrazas, largas ventanas horizontales y empleo sobrio de los elementos en la fachada.

Los materiales de construcción, especialmente el concreto armado, ofrecen nuevas posibilidades



**Figura 2.7 - Figura 2.8** Parc de la Villette, Folies. Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris. Bernard Tschumi.[13] Paris.

a los arquitectos. Después de la sobriedad formal de los arquitectos que sentaron las bases de la arquitectura Moderna, corriente de la arquitectura a la que siguieron otras tendencias, el funcionalismo y el posmodernismo entre ellas, fue a finales de la década de 1980, que nace la corriente deconstructivista[11], que se caracteriza por la fragmentación, el proceso de diseño no lineal, la manipulación de las superficies y rompe con la geometría euclidiana de formas rectilíneas.

Se distorsionan y dislocan los volúmenes y las fachadas; se excluyen algunos principios que habían sido fundamentales en la Arquitectura Moderna como la pureza de la estructura y la fachada como piel que envuelve al edificio de forma perfecta (figura 2.6).

Las formas son aparentemente impredecibles y caóticas, hay el intento de liberar a la arquitectura de las reglas modernistas que se consideran

limitantes. Predominan el formalismo radical y su manipulación como un juego digital. Esta corriente tuvo un gran impulso con los avances de la tecnología digital. (figuras 2.7, 2.8 y 2.9).

A finales de la década de 1980, después de la sobriedad formal de los arquitectos que sentaron las bases de la arquitectura moderna (a la que siguieron otras tendencias como el funcionalismo y el posmodernismo), nace la corriente deconstructivista que se caracteriza por la fragmentación, el proceso de diseño no lineal, la manipulación de las superficies, además de romper con la geometría euclidiana de formas rectilíneas.

12 - [www.arq.com.mx](http://www.arq.com.mx). Buscador de Arquitectura. Fotografía de acceso libre en Internet. Accesada el 20/03/2010.

13 - Entre las obras de Bernard Tschumi, además del Parc de la Villette, se encuentran la Cité des Arts et Sciences, así como las Folies, estructuras con fines más formales que utilitarios. [www.nuevo-paris-ile-de-france/museos](http://www.nuevo-paris-ile-de-france/museos). Fotografías de acceso libre en Internet. Accesada el 22/02/2010.





**Figura 2.9** Arquitectura deconstructivista, UFA-Plast en Dresden, Alemania. Coop Himmelbau[14].

## DECONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA. LA ARQUITECTURA DIGITAL

La arquitectura digital o arquitectura virtual es "aquel universo de objetos construidos, visualizados, accedidos, manipulados y utilizados tridimensionalmente, con propósito arquitectónico y de permanencia con derecho propio, en un ámbito digital informático que les confiere su condición de virtualidad, pudiendo ésta ser activada dentro o fuera de línea." (Vélez, 2000)[15].

Si bien la tecnología digital ha sido utilizada por los arquitectos desde tiempo atrás, su evolución vino a solucionar el reto que representa proyectar y construir formas complejas, puso en la mano de los arquitectos la visualización a través de los medios electrónicos, del diseño de morfologías complicadas con sus correspondientes elementos, igual de complicados, las instrucciones para su fabricación y su construcción. (Llavaneras, 2001).

A partir de los años 60, los programas de cómputo enfocados al trabajo arquitectónico comenzaron a ser utilizados de manera sistemática, principalmente en Estados Unidos y Europa. Originalmente su finalidad era ser una herramienta que auxiliara el trabajo de representación de los proyectos no sólo arquitectónicos, sino también para la manufactura, con funciones flexibles y posibilidad de almacenaje de la documentación, lo cual cumplía y sistematizaba distintas tareas, principalmente el guardado de archivos, la eventualidad de correcciones en la computadora y no en planos impresos con anterioridad, entre otras. Con el tiempo, las posibilidades se ampliaron para llegar a los programas 2D con dibujos

14 - [www.arq.com.mx](http://www.arq.com.mx). Buscador de Arquitectura. Fotografía de acceso libre en Internet. Accesada el 20/03/2010.

15 - Vélez Jahn, Gonzalo. "Construyendo el espacio digital". Memorias del 4º. Congreso de Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI), Río de Janeiro, Brasil. 2000.

paramétricos con resultados de mayor rapidez en la documentación para correcciones, revisiones y reducción de errores, y 3D como herramienta para diseños conceptuales, para explorar y experimentar ideas de diseño, así como para lograr presentaciones de mayor impacto. A la fecha, estos programas 3D tienen adicionados una amplia biblioteca de materiales, colores, texturas, etcétera. Esto que ayuda a crear presentaciones visualmente atractivas y a la comunicación con clientes, colegas, personal técnico, así como constructores.

El dilema de plasmar una idea tridimensional en planos bidimensionales ha existido desde siempre. A la fecha, la interfaz de trabajo (el monitor de la computadora) continúa siendo estrictamente bidimensional, igual que los variados elementos de salida como planos impresos, proyecciones de video, etcétera. La tercera dimensión que ofrecen los programas de modelado en 3D permiten una forma nueva forma de trabajo que combina las posibilidades intuitivas de los modelos físicos o maquetas, con la precisión e inmaterialidad del dibujo. Otro suceso importante es la transformación de dibujos isométricos y en perspectiva a la literal manipulación y distorsión del espacio, el paso de la axonometría a la explosión de la forma en fragmentos, de la transposición de perspectivas con varios puntos de vista a la creación, alteración y superposición de espacios. (Schumacher, 2004). Algunos de los programas más usados son de la firma AUTODESK, entre ellos Autocad que es empleado básicamente para planos en dos dimensiones, aunque tiene versión 3D y 3D MAX diseñado fundamentalmente para el trabajo de representación en tres dimensiones, perspectivas de presentación con amplia gama de colores, acabados de materiales, efectos de transparencia, manejo del agua, etcétera.

La experimentación arquitectónica ha tomado gran fuerza. Las transformaciones, la fragmentación y la deformación han sido viables gracias a las posibilidades tecnológicas digitales. Los nuevos

medios de representación como el escaneo, digitalización con rayos X de capas múltiples del dibujo (layering), proyecciones en perspectiva con múltiples puntos de vista, entre otros, sugieren una nueva orientación, navegación y habitación del espacio. El Museo Guggenheim de Bilbao del arquitecto Frank Gehry es una obra deconstructivista relevante y notable por el empleo de la tecnología. El Museo requirió el uso del programa de diseño para la aeronáutica CATIA, para la manipulación de las formas y el diseño de volúmenes y fachadas. El edificio está construido con placas de titanio, piedra caliza y cristal. Las placas metálicas tienen forma única y cada una tiene su lugar preciso. De manera digital fue posible determinar las medidas, formas y localización de todos y cada uno de los materiales empleados en la construcción. De esta manera se elaboraron planos de detalle para su fabricación, construcción y fijación en los lugares indicados en el proyecto.[16] Otros arquitectos dentro de esta corriente, como Zaha Hadid, se han distinguido por emplear la tecnología digital aplicada a sus proyectos de manera intensa y profundamente creativa.

---

16 - A la fecha, el arquitecto Frank Ghery ha creado una empresa de servicio que desarrolla software de alta tecnología enfocado a la arquitectura y a la industria de la construcción a través de productos encaminados al modelado para la construcción (Building Modeling Information, BIM por sus siglas en inglés). [www.gehrytechnologies.com](http://www.gehrytechnologies.com)

17 - [www.guggenheim\\_bilbao.es](http://www.guggenheim_bilbao.es). Fotografía de acceso libre en Internet. Accesada el 15/02/2010.

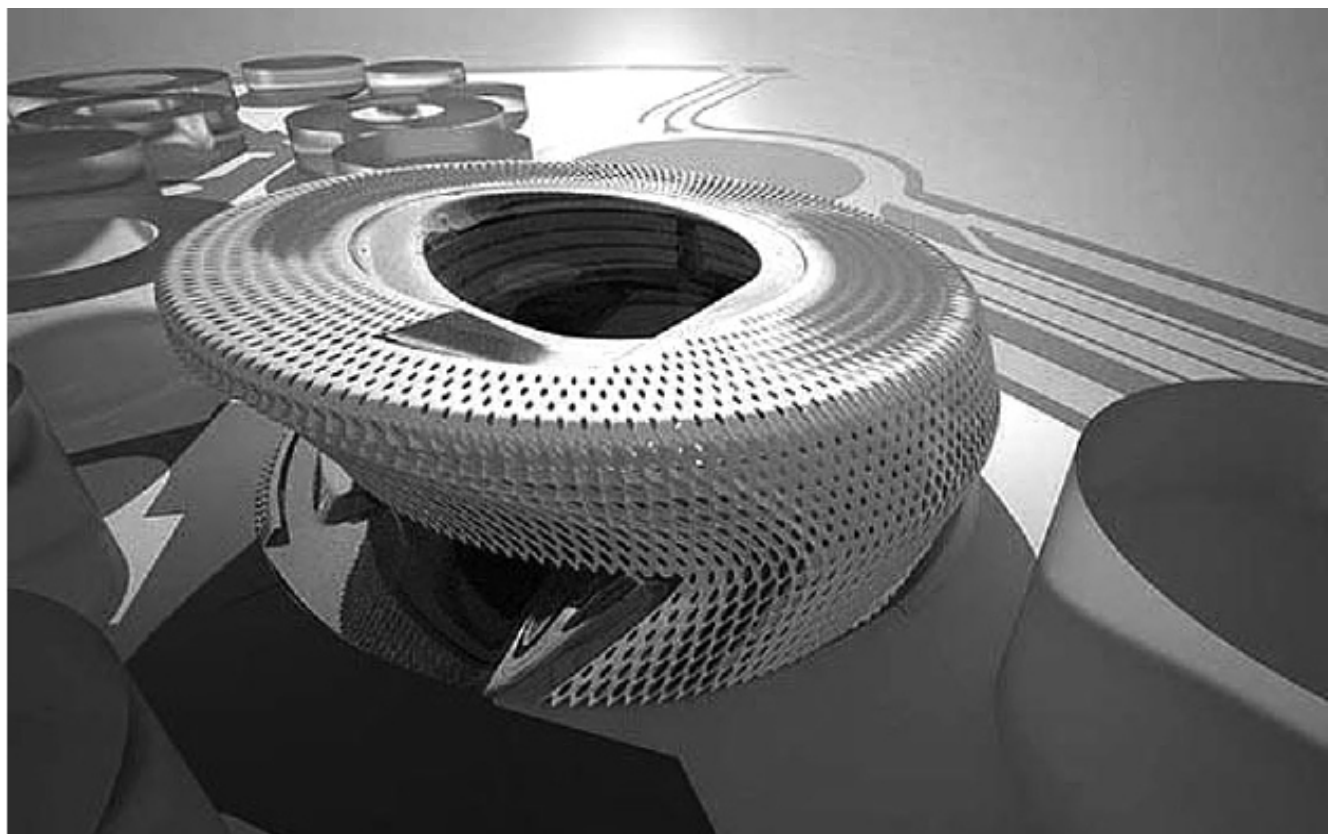
18 - [www.zahahadid.com](http://www.zahahadid.com). El proyecto del Abu Dhabi Performing Arts Center para la Fundación Salomon R. Guggenheim es un conjunto cultural que consta de cinco teatros, el Music Hall, el Concert Hall, la Opera House, el Dance Theater, y un teatro flexible con capacidad para 6,300 espectadores. También aloja a la Academy of Performing Arts y el Abu Dhabi Performing Arts Center. Zaha Hadid dice del conjunto que...  
"es una forma escultural que emerge de la intersección lineal de las sendas peatonales dentro del distrito cultural, que se van convirtiendo en un organismo viviente que genera una red de ramas sucesivas, con lo que, al recorrer el espacio, la arquitectura gana en complejidad, en altura y profundidad....." Fotografía de acceso libre en internet. Accesada el 24/04/2010.





Izquierda **Figura 2.10**  
Arquitectura  
deconstructivista, Museo  
Guggenheim de Bilbao. Frank  
Gehry[17].

Abajo **Figura 2.11**  
Juzgado de lo Civil, Campus  
de Justicia, Madrid, España.  
Zaha Hadid y Patrick  
Schumacher, 2007. Abu  
Dhabi Performing Arts  
Center. Zaha Hadid[18].



Derecha Figura **2.12**  
Abu Dhabi Performing Arts  
Center. Zaha Hadid

Abajo Figura **2.13**  
Centro Acuático Olímpico  
de Londres. Zaha Hadid.  
Se comenzó a construir en  
2004.



Con el manejo digital, su creatividad se vio impulsada en lo formal, lo espacial y lo cromático, en el manejo de la materia y la forma, en lo estructural y lo tecnológico, sin que sus proyectos sufrieran menoscabo en su función, utilidad y operación (Schumacher, 2004). Sistemáticamente ha empleado la visualización de modelos en tercera dimensión como auxiliar para ver de manera anticipada el seguimiento de la evolución del edificio que va a ser a ser construido.

Durante la fase de diseño, los modelos tridimensionales, los planos, detalles y diagramas se interconectan e intercomunican. Cada elemento visual tiene una utilidad específica y afecta a los otros, enriqueciendo con una nueva perspectiva las posibilidades conceptuales y de diseño. Los modelos así diagramados se convierten en el soporte de la reflexión teórica del proyecto y le dan forma. El proceso de desarrollo del proyecto implica una relación constante entre el diseñador y la computadora que posibilita cambios, lo que hace que el acto de proyectar sea más dinámico y proporciona al arquitecto una mayor libertad formal (Betsky, 1998). El resultado puede ser visualizado en la Figura 2.11.

Si bien los programas de cómputo 2D y 3D han servido primordialmente para que los arquitectos desarrollen sus proyectos y su utilidad ha sido manifiesta de tal manera que de ser una herramienta de representación se ha convertido en un mecanismo para la exploración y la experimentación tanto proyectual como formal, la tecnología digital ha incidido también en el campo de la construcción de las obras. Los proyectos arquitectónicos elaborados con estas herramientas, sin importar la complejidad de la forma, su manipulación y distorsiones, proporcionan múltiples posibilidades para el manejo de los espacios, fachadas, materiales y en todos y cada uno de los elementos que componen la obra arquitectónica. Aún más, los datos quedan almacenados en el archivo de cada proyecto, en su base de datos.

Para edificar obras de tal complejidad, los programas actuales han incluido el manejo de estas referencias para modelar virtualmente su construcción. Estos programas pretenden ofrecer simultáneamente libertad y control de la creatividad, exactitud de los datos y flexibilidad en el trabajo desde las primeras etapas del proyecto, siempre conservando la precisión de la documentación y la visión de la construcción. Desde el diseño formal inicial, estos programas tienen datos, por ejemplo, de la superficie de cada uno de los niveles del edificio, los metros cuadrados, la forma y dimensiones de cada elemento de fachada, el número y especificaciones de cada pieza de ventanería, etcétera. La gestión de los archivos adquiere mayor relevancia y la posibilidad del trabajo en red es habitual sin necesidad de duplicar la información.

Las soluciones deben tener un perfecto intercambio de datos para facilitar los cambios y minimizar los errores. El resultado es un registro completo gráfico 2D y 3D con datos alfanuméricos y multimedia traducidos en planos y ligados a bases de datos que deben producir informes de diversos tipos, superficies, cantidades de materiales, de piezas, dimensiones de componentes específicos y muchos otros más que se requieren para la producción. La interconexión de programas también es importante relacionado el diseño arquitectónico con el diseño urbano de su entorno y con la arquitectura del paisaje o con la de interiores. El diseño-estructural queda como resultado del cálculo de los elementos que conforman la obra arquitectónica así como el de sus instalaciones y la calidad medioambiental que se genera en los espacios proyectados.

De igual forma, se obtienen los presupuestos y el análisis de costos de la construcción. Todas estas ventajas son dadas por la integración de los sistemas de información aplicados al proyecto y construcción de la obra arquitectónica sin importar su grado de complejidad. Es la integración de los sistemas de información aplicados al proyecto y construcción de la obra arquitectónica, sin

importar su grado de complejidad la que rompe con problemas y vicios anteriores: así como se facilita el diseño arquitectónico y se mejora a través de aproximaciones sucesivas de modelado, se mejora la vinculación con la obra y con todas y cada una de las empresas que en ella intervienen, ya que se cuenta con un proyecto maestro integral. Es el concepto que se maneja actualmente de Integración de Sistemas para la Construcción (Building Integration Modeling, BIM).

## CONCLUSIONES

En la actualidad las herramientas tecnológicas han magnificado las posibilidades de diseño a los arquitectos. La experimentación digital ha convertido a las oficinas en verdaderos laboratorios de investigación. La investigación experimental con medios digitales difiere de la investigación tradicional de las otras ciencias porque en ella intervienen aspectos intuitivos y perceptuales; se manejan resultados aleatorios, así como procesos tecnológicos formales combinados con momentos de relajación y aún suspensión de los criterios racionales.

La visión inmaterial ha fortalecido a la más material de las artes, y esta misma visión es la que permite el diseño y construcción de proyectos más complejos y con mayores dificultades técnicas. La oficina virtual llegó para producir diseños espectaculares y los clientes no únicamente están dispuestos a patrocinarlos sino que los están convirtiendo en requerimientos del trabajo actual. (Zeliner, 1999). La tecnología de la construcción también se ha visto impactada por el avance en los procesos de diseño asistidos por computadora y por la aparición de nuevos procedimientos de construcción, de producción industrializada, de nuevos materiales, así como por la inquietud de los arquitectos e ingenieros por las nuevas y más audaces formas y estructuras. En el futuro se vislumbra que los programas de cómputo sean cada vez más poderosos, con una creciente integración de las fases del proyecto (incluyendo todos los procesos

experimentales) con las etapas técnicas de mayor complejidad. La estructura estará ligada al proyecto arquitectónico desde sus inicios, los componentes arquitectónicos perfectamente especificados y definidos, los costos de construcción relacionados con la programación de la obra. Esto representa una mayor libertad creativa ligada a un rigor técnico mejor administrado. Los avances tecnológicos son rápidos y las posibilidades del diseño y la construcción se amplían cada vez más.

## BIBLIOGRAFIA

Coles, Alex et al. Design and Art. The MIT Press 2007. ISBN-10: 0-262-53289-1.

Galofaro, Luca. Digital Eisenman: An office in the electronic era (The Information Technology Revolution in Architecture). Birkhäuser-Publisher for Architecture, 1999. Basel, Switzerland. ISBN 3-7643-6094-1.

De Zegher, Catherine y Wigley, Mark. The Activist Drawing. Retracing Situationist Architectures from Constant's new Babylon to Beyond. The MIT Press 2001. ISBN-10:978-0-262-04181-X.

Grands Travaux. Numero Special Connaissance des Arts. La Villette. Paris, Francia, 2002.

Hadid, Zaha y Betsky, Aaron. The complete buildings and projects. Rizzoli International Publications, 1998. ISBN-13:978-08478.2133.4.

Schumacher, Patrick. Digital Hadid. Landscapes in Motion. Birkhäuser – Publishers for Architecture. Switzerland, 2004. ISBN 3-7643-0172-4.

Spiller, Neil. Digital Architecture Now: A global survey of emerging.

Ventury, Robert. Complexity and Contradiction in Architecture. The Museum of Modern Art, New York, 2a. Edición, 2002. ISBN-13: 978-0870702822.



Wigley, Mark. The Architecture of Deconstruction. Derrida's haunt. The MIT Press, 1995. ISBN-10: 0-262-73114-2.

Zaha Hadid. Catálogo de la exhibición en el Museo Guggenheim de Nueva York. 2006 ISBN: 978-0-89207-346-7.

Zeliner, Peter. Hybrid Space: New Forms in Digital Architecture. Rizzoli International Publications. 1999. ISBN-10: 0847822034.

### ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Dongre, Alpina, R., Deshpande, S.A., Ingle, R.K. Emerging Architectonic Forms and Designed Forms. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 3, November 2007 (Pags. 55-67).

De Mesa, Andrés, Quilez, Joan y Regot, Joaquín. Análisis geométrico de Formas Arquitectónicas Complejas. 2000. Construyendo el espacio digital. SIGRAD, Río de Janeiro.

D'Souza, Newton. Design Intelligences: A case for multiple intelligences in Architectural Design. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (15-34) 22.

Ghani, Isham. Function defies form: A thought for Architecture in the new information age. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 3, September 2007 (68-75).

Llavaneras Sánchez, Gustavo y Vélez Jahn, Gustavo. Arquitectura para las ciudades digitales. Junio 2009. [www.arqchile.cl](http://www.arqchile.cl). Accesada el 19/06/2010.

Llavaneras Sánchez, Gustavo y Vélez Jahn, Gustavo. Arquitectura virtual. Junio 2009. [www.arqchile.cl](http://www.arqchile.cl). Accesada el 19/06/2010.

Mandour, M. Alaa. Mixed Reality: The deconstruction of time/The restructure of future. ArchNet-UAR.

International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (77-91).

Niezabitowski, Andrzej M. Architectonics – A System of exploring Architectural Forms in Spatial Categories. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (92-129).

Palmquist, Stephen. The architectonic form of Kant's Copernican Logic. Metaphilosophy, Vol. 17, Issue 4, Pags. 266-288. Agosto 2007. Metaphilosophy LLC Blackwell Publishing Ltd.

### ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

El Vitral de Vassareli. Revista Obras. Informe Especial. Vol. II, No. 19, Julio México, 1974.

### PÁGINAS WEB

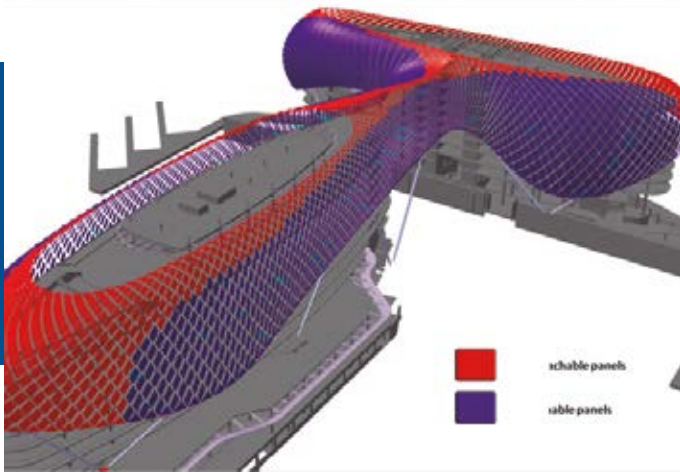
<http://noticias.arquitectos.com.mx>. Proyecto Futurista Capital Gate en Abu Dhabi. Accesada el 08/06/2010.

[www.guggenheim\\_bilbao.es](http://www.guggenheim_bilbao.es). Accesada el 15/02/2010

[www.ibiblio.com](http://www.ibiblio.com). Web Museum, Paris. Accesada el 6/04/2010.

[www.magazine\\_deutschland.de](http://www.magazine_deutschland.de). Edelman, Thomas. Laboratorio de la Modernidad. 6/04/2010.

[www.zahahadidarchitects.com](http://www.zahahadidarchitects.com). Accesada el 24/04/2010.



**Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra**  
Universidad Autónoma de Yucatán, México  
bpereyra@uady.mx

**M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**  
Universidad Autónoma de Yucatán – México  
zgrife77@uady.mx

03

## INTRODUCCIÓN AL MODELO INTEGRADO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN





## INTRODUCCIÓN

La idea de productos CAD basados en Modelos Integrados de Información para la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés) no es nueva, pero fue aplicable para los productos comerciales hace relativamente poco tiempo. El sector de la construcción tradicionalmente ha comunicado la información de proyectos de edificación mediante dibujos con notas y especificaciones. Sin embargo, el software para costeo y planeación no es parte integral del CAD.

Esto generalmente conduce a problemas tales como falta de detalles tanto constructivos como de procedimientos durante la fase de construcción. En este trabajo se presentan los resultados al conjuntar herramientas de software disponibles en el mercado con la finalidad de desarrollar un proyecto con una perspectiva global: diseño gráfico, costos y planificación. Se pueden observar las ventajas de dicha tecnología, no sólo para los arquitectos e ingenieros, sino también para el propio cliente, ya que se pueden conocer por adelantado muchos aspectos del proyecto y el impacto económico que pueden producir los pequeños y grandes cambios en la obra.

## INTRODUCCIÓN AL MODELO INTEGRADO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La idea de productos CAD basados en BIM no es nueva. Los primeros ejemplos que se pueden encontrar en la literatura corresponden al uso de modelos similares para calcular las dimensiones de elementos estructurales a partir de planos digitales. Uno de estos programas data de finales de la década de 1980 y principios de 1990. Para entonces se tenían sistemas residentes en supercomputadoras. En 1993 ya existían productos que guiaban al usuario desde las propuestas arquitectónicas, mostradas mediante planos en formato electrónico en dos dimensiones, hasta la selección de elementos que soportasen los requerimientos del edificio, junto con volumetrías, todo esto englobado en una interfaz de usuario. Dichos productos se presentaron en la Quinta Conferencia Internacional de la ICCCB, ASCE (Fink, 2004). Las versiones de las aplicaciones tales como SOFiSTiK® (Fink, 2004) son descendientes de aquellas primeras propuestas de la década de 1980. Otros ejemplos en esta línea son programas tales como CYPECAD (Montero, et. al, 2002), el paquete Object ARX® (AutoDesk, 2000), etcétera.

Sin embargo, los productos presentados anteriormente no se pueden considerar sistemas de modelado integral de edificios puesto que, aunque son capaces de producir memorias de cálculo estructural, volumetrías y especificaciones de diseño, aspectos tales como la planificación y control de obra no son transparentes para el usuario. Con la actual generación de sistemas BIM/CAD, la información puede describir tanto la geometría como los materiales, las especificaciones, los requerimientos de códigos, los procedimientos de ensamble, los precios de fabricantes y distribuidores, así como algunos otros datos relacionados con la manera en que son utilizados en realidad. Por ejemplo, una puerta, como un objeto inteligente dentro de un software BIM, tiene que conocer

sus interrelaciones con los muros, cerramientos, etcétera, y reaccionar de manera acorde.

Las principales ventajas del uso de software BIM/CAD son:

- **Mejor Coordinación:** Cuando hay varios especialistas trabajando sobre un mismo proyecto, la coordinación no es difícil como con los dibujos en 2D o 3D. Un software de BIM puede destacar interferencias en rojo, inmediatamente.
- **Aumento productividad, menos horas-hombre:** Esto se traduce a menores costos o en mejores honorarios.
- **Diseño y mejor calidad de detalle:** Con este sistema se puede dedicar más tiempo al diseño ya que se reduce el tiempo en que hay que pasar los bosquejos iniciales a CAD. Además, este sistema exige pensar y diseñar todos los detalles, ya que de no hacerlo, el modelo queda inconcluso.
- **Control de la información del proyecto:** La base de datos de BIM, cuando se utiliza de una forma óptima se convierte en la fuente central para toda la información del proyecto, dando costos, cubriciones, etc.
- **Abrir nuevos mercados para los arquitectos/ingenieros:** La base de datos que en definitiva es el modelo da lugar a nuevos servicios que los arquitectos pueden aprovechar, como por ejemplo estimar costos de forma más detallada, programar el administración de la obra, o generar imágenes a partir de un solo modelo.
- **Educativo para los arquitectos/ingenieros jóvenes:** Estos programas al exigir mayor cantidad de detalle, obligan a los arquitectos jóvenes que trabajan en grandes proyectos a tomar decisiones de proyecto, o sea, fuerza a arquitectos jóvenes encontrar respuestas inmediatamente.

- Facilita la relación con el cliente: poder mostrarle al cliente cómo va avanzando el diseño de la obra en 3D sin duda es un valor agregado indiscutible.

## DE LAS ENTIDADES A LOS OBJETOS CONSTRUCTIVOS

Se tiene que aclarar la diferencia entre objetos y entidades. Un objeto, desde un punto de vista informático, es un procedimiento independiente que contiene las instrucciones y los datos para realizar una cierta tarea, así como el código de programación necesario para manejar los diversos mensajes que puede recibir. La industria y la academia han dedicado esfuerzos para investigación y desarrollo en torno al problema de descripción de la geometría de manera digital, así como la de almacenar, presentar y manipular en una computadora la información que no es gráfica. Los software para el manejo de información geométrica vectorizada --conocidos como "máquinas geométricas"— los resultantes de estos esfuerzos son el corazón de los productos disponibles actualmente (Autodesk Revit, 2000).

AutoCAD® es un ejemplo de una aplicación escrita en C++, lenguaje orientado a objetos que utiliza un concepto general de objetos para crear, mediante "elementos bosquejo" o de "primitivas de dibujo", líneas y arcos. En este punto es donde la confusión comienza. Mientras que AutoCAD mismo es un programa orientado a objetos, los objetos que provee sólo son objetos gráficos o "entidades". Aunque tales objetos tienen todos los conceptos de objetos de programación, son utilizados principalmente para dibujar una representación de la información altamente simbólica sobre el edificio. Los diseñadores y constructores deben interpretar su significado exactamente de la misma manera como se haría con los dibujos (planos, bosquejos, etcétera.) en papel.

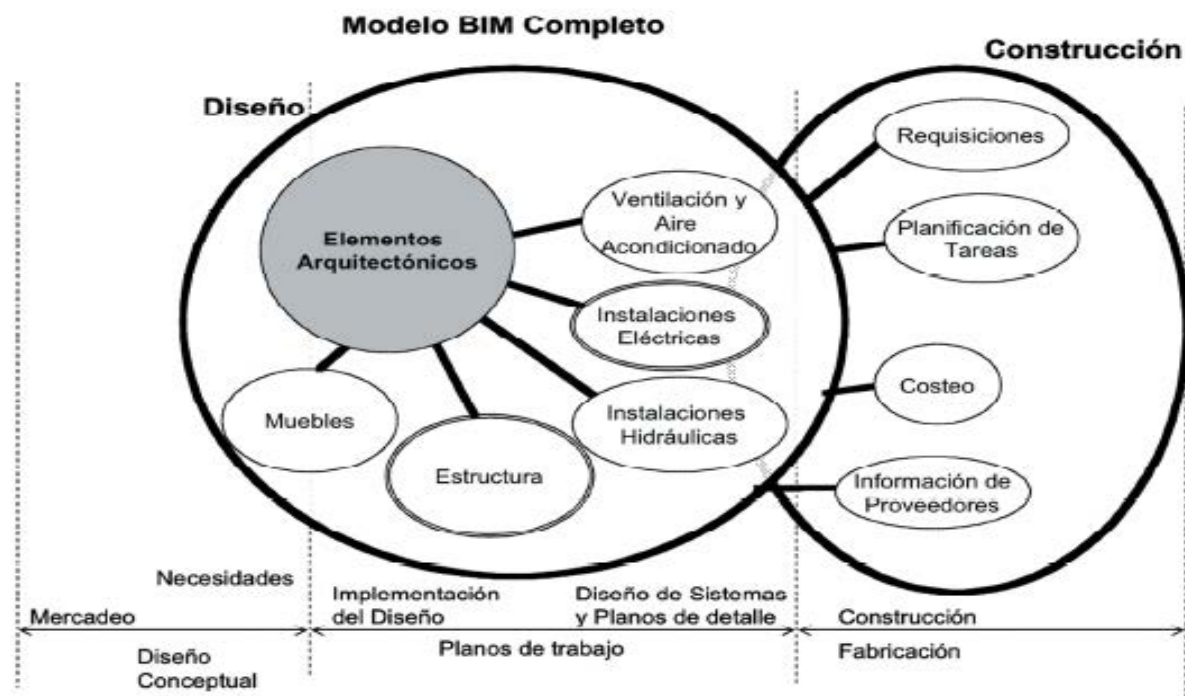
No es otra cosa que una reproducción de los dibujos hechos a mano, pero ahora creados usando la

computadora como sistema de bosquejo. Aun con la creación de una librería de símbolos o bloques en AutoCAD se depende mucho del conocimiento previo de símbolos, que en la construcción no están bien estandarizados. Muchos de estos dibujos no son lo bastante detallados como para inferir costos, procedimientos de construcción, planificación, representación de instalaciones especiales de manera espacial, etcétera. Dado lo anterior, es muy probable que se incurra en errores en la fase de construcción, así como en desperdicio de mano de obra, tiempo y materiales (Ibrahim y Schipporiet, 2004).

## DE LA REPRESENTACIÓN CAD A LA BIM

Utilizando BIM con CAD, los componentes de una edificación se vuelven objetos digitales con información añadida. Dicha información está disponible para que otras aplicaciones tengan acceso a ella. Así pues, en teoría, con una aplicación de bases de datos u hojas de cálculo se puede intercambiar información acerca de los datos guardados en dichos objetos. Todos los objetos están codificados en sus tres dimensiones espaciales en el momento en que son colocados, entre otras cosas, de la manera más real que sea posible. Por ejemplo, un objeto de tipo pared entiende las características de las paredes y actúa como una.

En vez de representar un muro en dos dimensiones, como dos líneas paralelas, el objeto muro tiene propiedades que describen no sólo sus dimensiones geométricas (longitud, ancho y altura), sino también los materiales e inclusive los acabados, las especificaciones de los diseñadores y los precios unitarios. De igual forma, un objeto de tipo escalera proporciona información particular de la misma manera que un objeto muro. Un objeto puede tener un sistema finito de parámetros que dictan su forma; la codificación del objeto tiene que incluir estos parámetros. Asimismo, dicha información requiere de un conocimiento previo de los parámetros implicados en la creación del objeto físico (Ibrahim, Krawczyk y Schipporiet, 2004b).



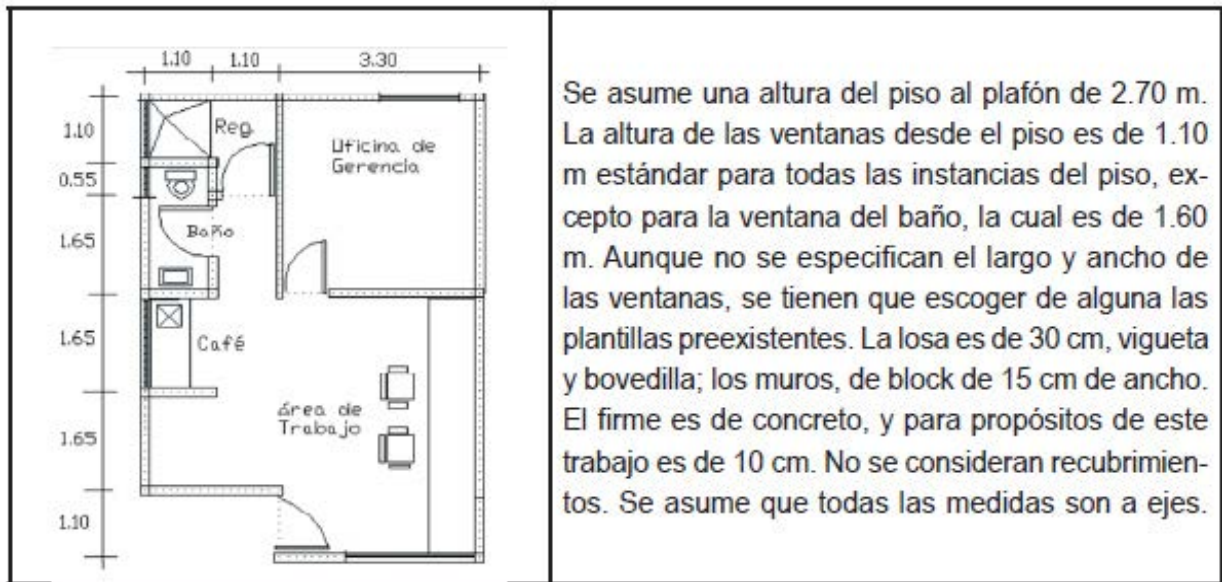
**Figura 3.1** Modelo BIM completo.

### LA FINALIDAD DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA CONSTRUCCIÓN, COMO UN PROCESO INTEGRADO

La meta principal del concepto BIM es crear un modelo digital completo de la obra para asegurar la generación volumétrica exacta y costos de materiales, junto con dibujos y detalles coordinados entre los diferentes participantes en el proyecto. Esta meta requiere la contribución de varias disciplinas al momento de proporcionar el nivel necesario para la información. El desarrollo de los sistemas especializados capaces de modelar elementos específicos del edificio complementa definitivamente los sistemas CAD arquitectónicos (Cornick, 1996). El nivel de especialización de estos sistemas permitirá satisfacer las necesidades genéricas de diseñadores y constructores. Esto conducirá a la industria CAD a la creación de sistemas o metodologías integradas de gran alcance que puedan manejar toda la información requerida

por los diferentes grupos involucrados en el equipo de trabajo, o de sistemas que permuten información entre sistemas BIM para pasar la información a otros programas -y a gente- que sean capaces de manejar tareas específicas de manera más eficiente (Ibrahim y Krawczyk, 2003).

La figura 3.1 presenta una idealización del proceso asistido por herramientas BIM. Sin embargo, la filosofía de la construcción como un proceso integrado, que tiene su inicio en el diseño, con participación de diseñadores y constructores, apenas está siendo implantada y utilizada en el medio (Fink, 2004). En este trabajo se muestra cómo se utilizó un sistema BIM/CAD para conjuntar las ventajas antes expuestas en un caso típico de un proyecto sencillo de edificación que se enseña en la Licenciatura en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Particularmente este proyecto se prepara para los estudiantes de séptimo semestre



(Nota: el plano puede contener errores y no se consideran los muebles).

de dicha licenciatura. El sistema que se escogió es particularmente flexible, por lo que se puede partir de éste ejemplo, para desarrollar modelos más complejos, los cuales se particularizan para la metodología de construcción en la que los alumnos están más familiarizados.

### PRESENTACIÓN DEL SISTEMA BIM

Autodesk Revit Building es uno de los sistemas de modelado especializado en información sobre construcción (BIM) más avanzados del mundo, que refleja el universo real de la arquitectura al dejar que los arquitectos, diseñadores e ingenieros civiles trabajen en edificaciones desde un punto de vista holístico y no en términos de planos de planta, secciones y elevaciones individuales. Mediante la tecnología de "motor de cambio paramétrico" cualquier cambio es coordinado automáticamente por todo un modelo, incluyendo perspectivas del modelo, hojas de planos, agendas, secciones, planes

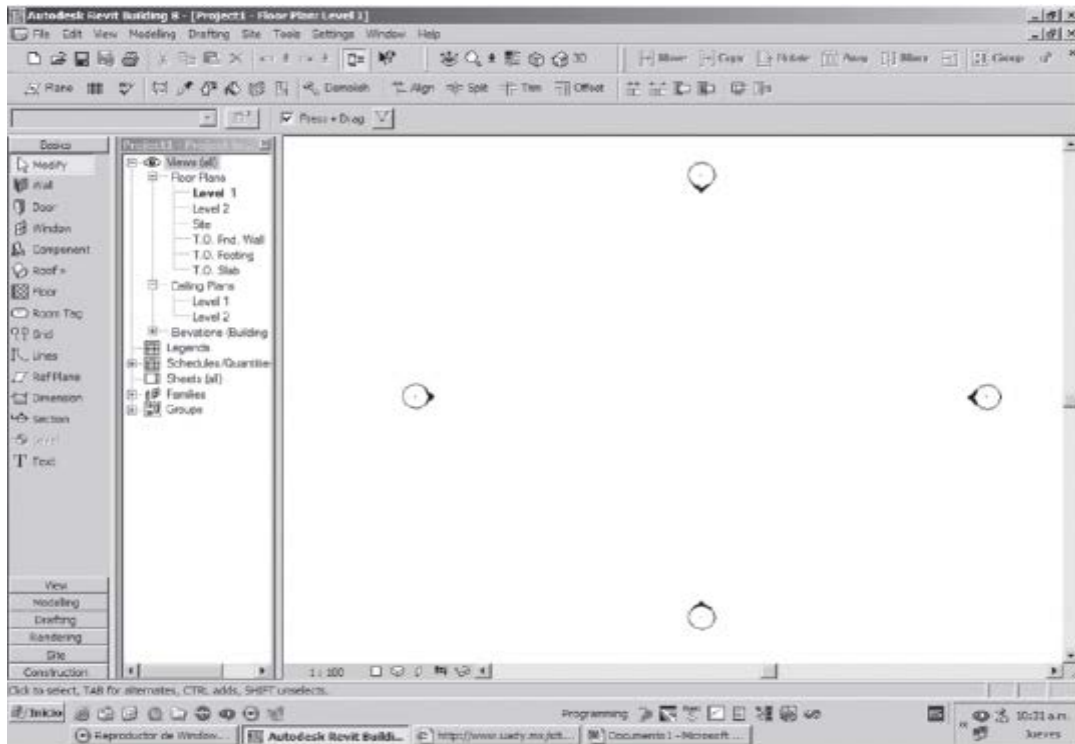
y presentaciones. Todos los diseños y documentos están coordinados, son consistentes e íntegros sin que importe el número de cambios que se realizan durante el proceso de diseño.

Las nuevas versiones de Revit Building© y de Autodesk™ aportan nuevas funcionalidades importantes, además de validar la promesa de modelación de información sobre construcción. Conjuntamente con otros productos de modelado se está gestando la posibilidad de obtener mayor rentabilidad al reducir riesgos y eliminar ineficiencias en todo el ciclo de vida de la construcción.

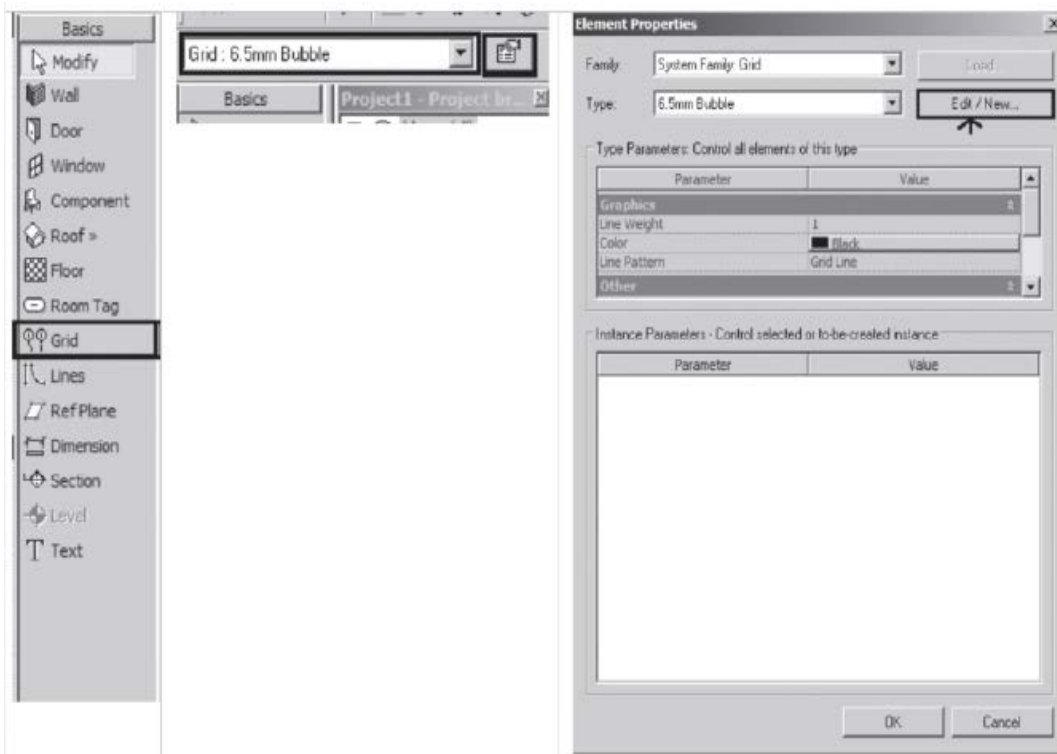
### REVIT E INTEGRACIÓN EN EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN

En conclusión, la complejidad de este sistema permite que los arquitectos y diseñadores se enfoquen en sus áreas de experiencia; que





**Figura 3.2** Modelo en blanco.



**Figura 3.3** Selector de objetos

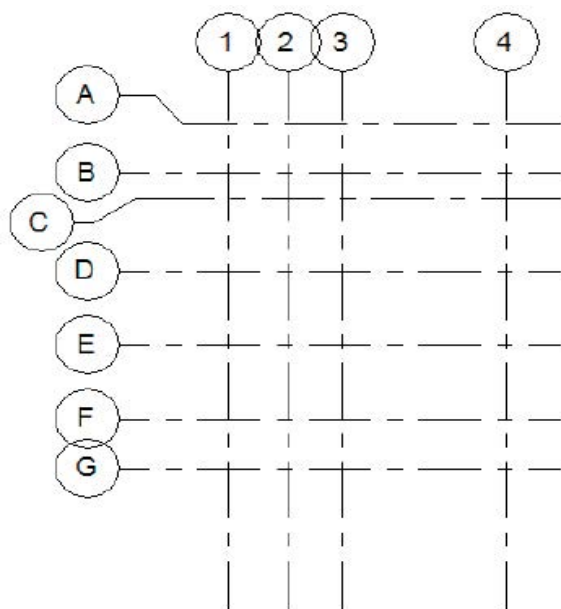


Figura 3.4 "A"

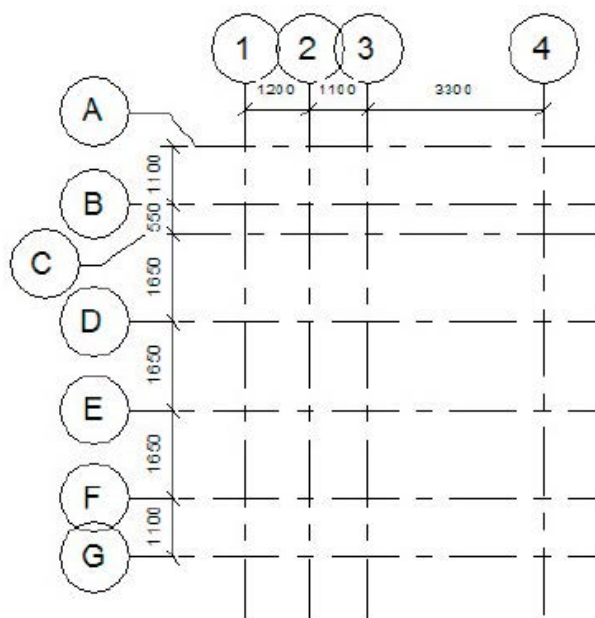


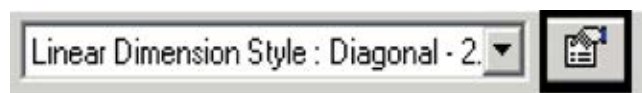
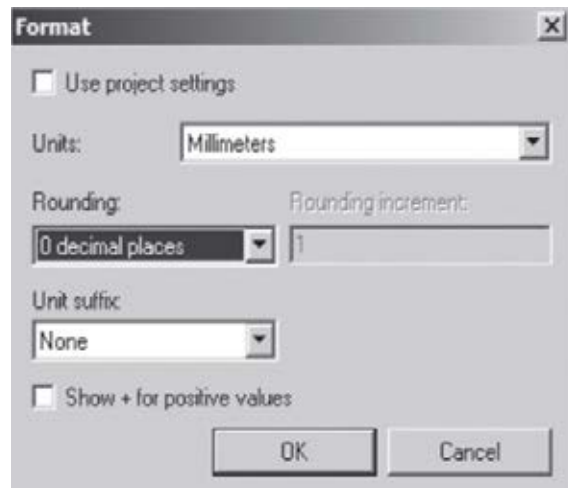
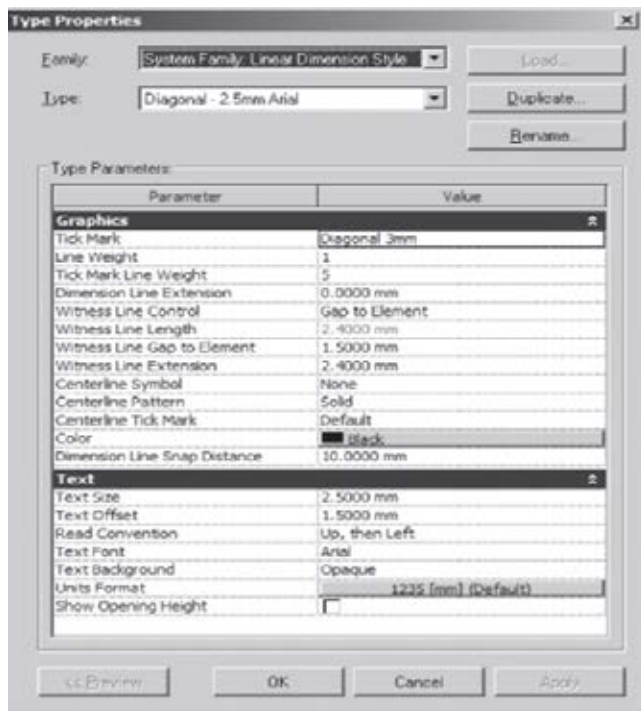
Figura 3.4 "B"

**Figura 3.4** Distribución de ejes y dimensiones en planta

los constructores tengan una participación más interactiva en este proceso, y da a los administradores acceso a información de fechas y costos. Aunque este sistema no es el único. Lo primero que se tiene que hacer es iniciar Autodesk Revit. Una vez iniciado, se mostrará la pantalla para inicio (figura 3.2). De la barra de selección de objetos (la que se localiza a la izquierda), seleccione la que corresponde a la colocación de ejes ("Grid", en la sección de objetos "Basic"). Cuando se selecciona un objeto de dicha barra, de manera automática se despliegan en la barra de herramientas sus propiedades. Además, se despliegan en la caja de selección de la barra de herramientas todas las posibles de la clase de objeto. A esto se le conoce como "Family" (familia). Una de las opciones de dicha barra consiste en desplegar las propiedades del objeto seleccionado y las correspondientes a sus "parientes". En sí, la barra consta del selector de objetos y el de edición de propiedades.

Al accionar el selector de objetos se escoge uno de la lista de las posibilidades. Al accionar el editor de propiedades se pueden modificar los valores de dicho objeto (figura 3.3). Se procederá a colocar los ejes de referencia; así será más fácil la distribución de muros. Para ello, se colocan los ejes horizontales y verticales como corresponde al croquis que se proporcionó. Al final de este proceso se deberá obtener la siguiente distribución de espacios (figura 3.4a). Para dimensionar espacios es necesario tener bien definidos los ejes. Una vez definidos se acciona el comando "Dimension" de la barra "Basic". Dicho objeto también se encuentra como comando en la barra de menú "Drafting". Al insertar el objeto dimensión se debe tener en claro cuál es el eje de referencia en la dirección que se elija.

Una vez definido, al seleccionar el eje, el inicio se ancla automáticamente a éste y se puede extender al siguiente eje. Para detener el comando basta con apretar el botón del ratón en un lugar donde



**Figura 3.5** Propiedades de las medidas del proyecto.

no halla eje alguno. Hágase esto en las direcciones que se tienen disponibles (figura 3.4b). Se debe notar que las dimensiones están en milímetros (figura 3.4b). Si es necesario utilizar metros, se pulsa el botón de propiedades y se elige la opción Edit/New para tener acceso a las propiedades de este elemento. Entre los parámetros a modificar se selecciona el de "Units Format" para desplegar las opciones de formato (figura 3.5).

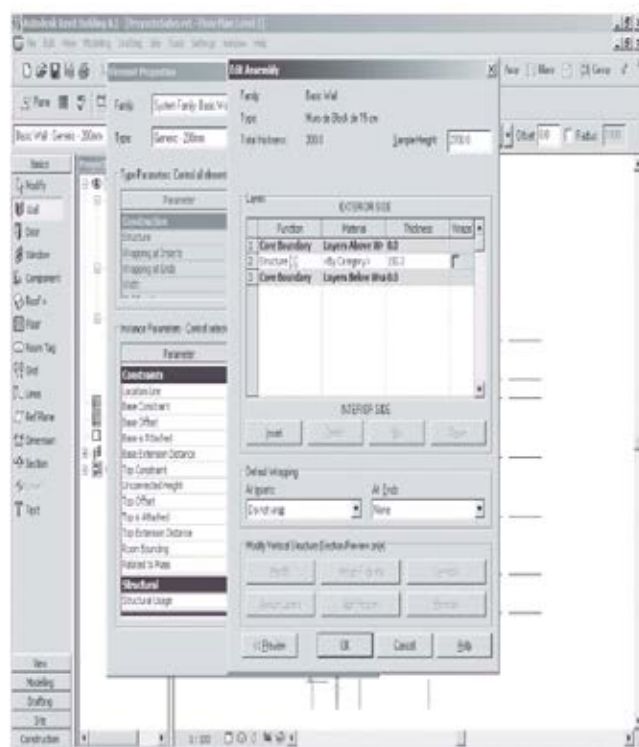
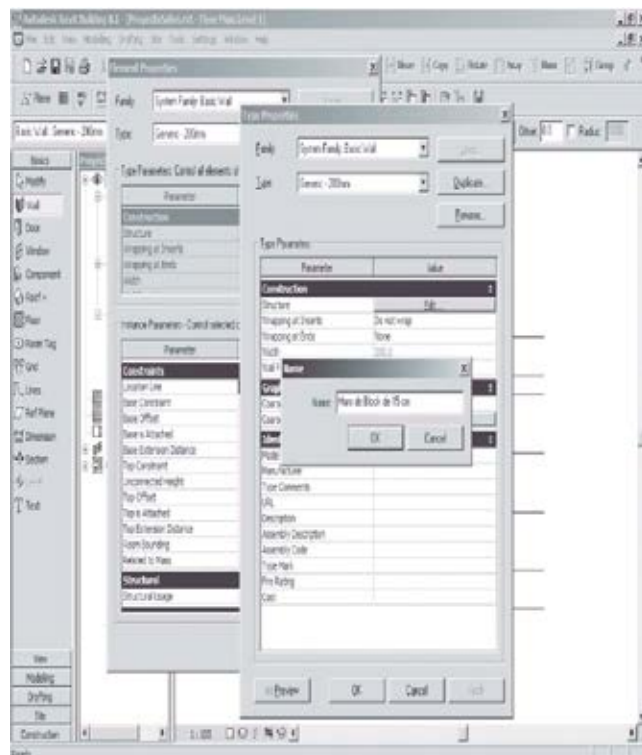
Seleccione "Meters" en el cuadro "Units" y 2 en el "Rounding" y obtendrá medidas en metros, redondeadas a dos decimales. También se puede desplegar esta información junto con el número; para ello se selecciona la opción "Unit suffix".

Hecho lo anterior, asegúrese de que en la barra de propiedades del objeto (en la parte superior), se muestre "Basic Wall: Generic-200mm". Modifique las características del muro mediante

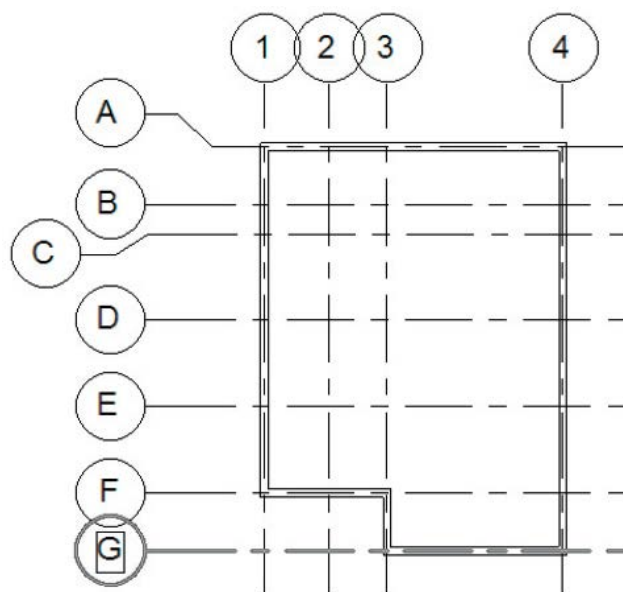
duplicación (Edit/Duplicate), para que se ajusten a las especificaciones (Figura3.5a). Para modificar la estructura del muro se usa "Edit Structure" (figura 3.6).

Una vez editada la estructura se puede agregar más información. Elija un punto de inicio y comience a trazar el muro exterior del edificio. Con ello se asegura de delimitar el espacio en el cual se va a trabajar. No se detenga por detalles como puertas y ventanas. Luego dibuje los muros interiores. Posteriormente se trabajarán los detalles arquitectónicos (figura 3.7a y b).

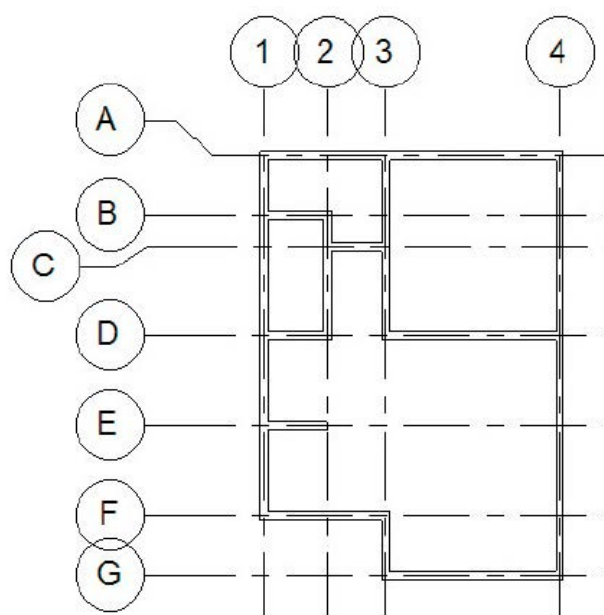
Ya con los muros completos se agregarán las puertas correspondientes. Ahora se podrá ver el edificio con sus muros interiores y exteriores en 3D (figura 3.8 a y b). Se colocarán las ventanas donde corresponden; para ello se usarán las vistas 3D. Además, se escogerán de la familia de ventanas



**Figura 3.6** Modificación de las propiedades de los muros.

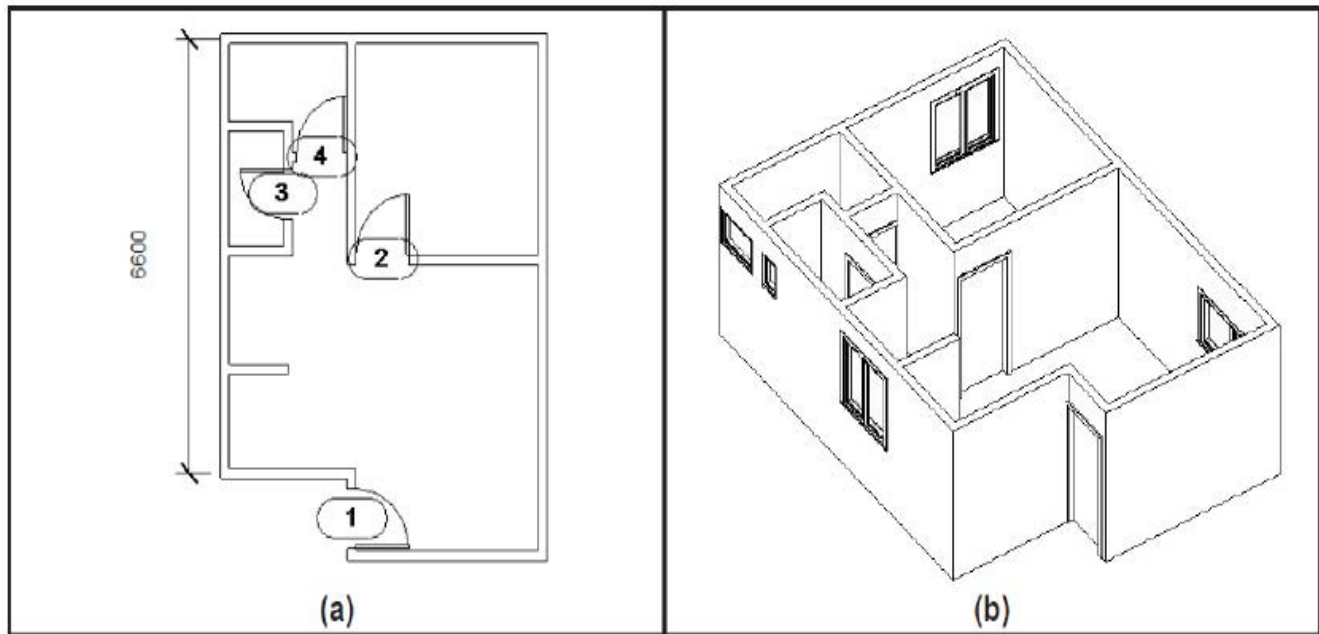


**Figura 3.7 "A"**

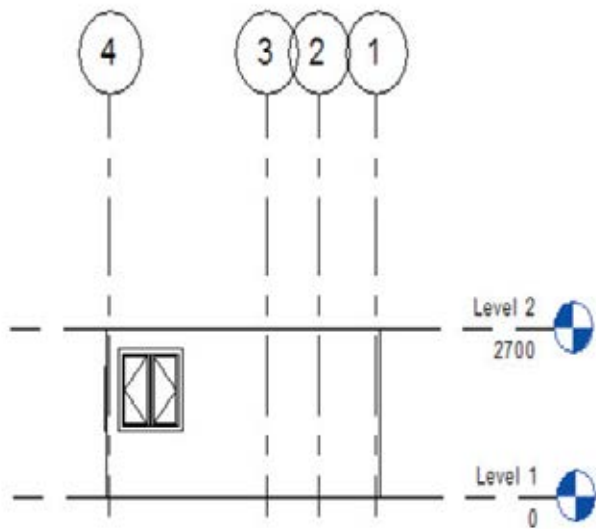


**Figura 3.7 "B"**

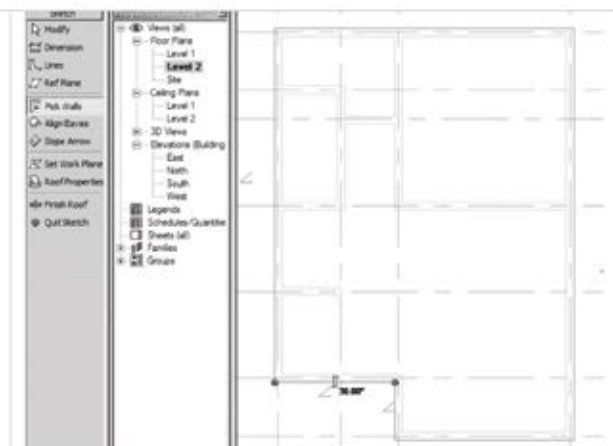
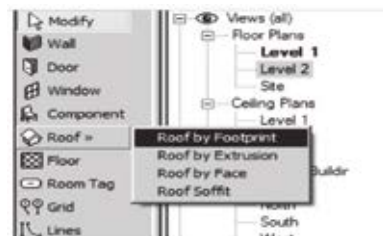
**Figura 3.7** Colocación de muros.



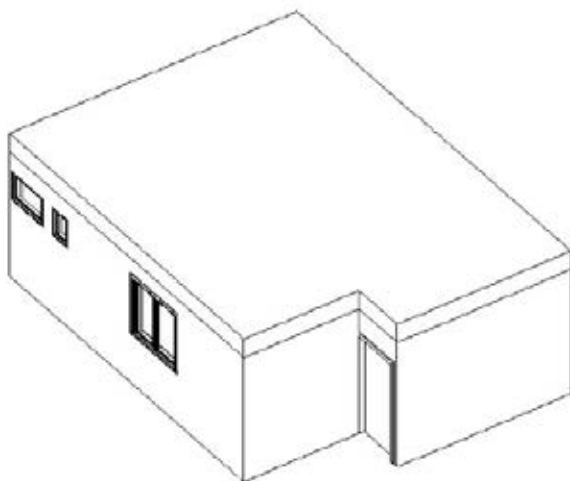
**Figura 3.8** Colocación de muros



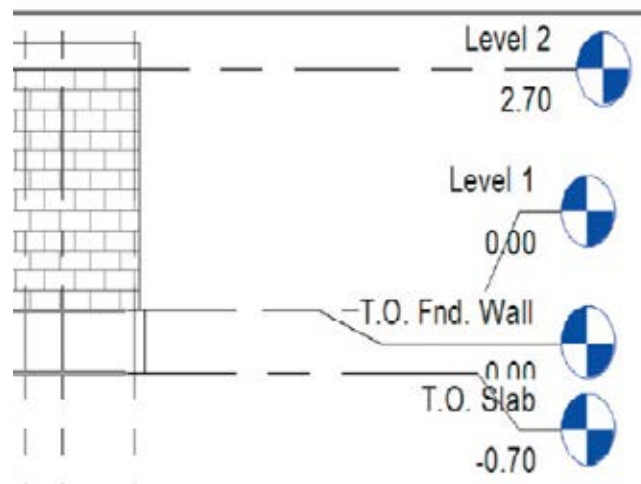
**Figura 3.9** Ajustando las alturas de los niveles.



**Figura 3.10** Colocación de losas.



**Figura 3.11** Estructura completa (muros, losa, pisos, ventanas y puertas).



**Figura 3.12** Alineación de niveles para cimentaciones.

disponibles las que más se aproximen a las dimensiones del croquis original.

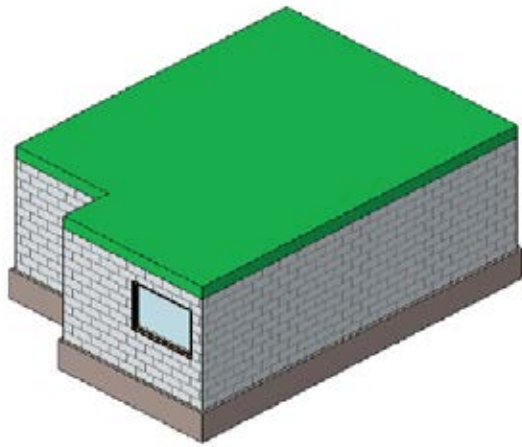
Para añadir la losa es necesario saber dónde se encuentra posicionado el usuario. Se necesita que la losa se encuentre en el nivel superior al cual se ha trabajado y a qué altura se encuentra dicho nivel. Para ello se requiere de utilizar una de las vistas de fachada, ya sea la norte, sur, este u oeste: Por defecto, el nivel 2 se encuentra a 4 metros de la cota del nivel 1. Seleccionando dicho nivel y arrastrándolo hasta hacerlo coincidir con la altura de los muros, se soluciona la discrepancia (figura 3.9).

Por último, se agregará la losa del edificio. Para ello, se situará en el nivel 2 del dibujo y se escogerán los muros limítrofes con el comando "Roof". Para ello se elige el nivel 2 (Level 2) y se selecciona la opción "Roof by Footprint" (figura 3.10). Para esta operación se seleccionan los muros limítrofes de la estructura y se acciona el comando "Finish

Roof". El resultado final es la estructura con techo. El procedimiento para hacer pisos es similar (Figura 3.11). Se seleccionan los muros limítrofes en el nivel (Level 1, para este caso) y después se selecciona el comando "Finish Floor". Para crear una cimentación es necesario seleccionar el nivel correspondiente para ello y adaptar el alzado a las necesidades del proyecto. Para el ejemplo que se ha desarrollado en clase, el nivel correspondiente a Cimentaciones (Foundation Walls) está asignado por defecto al nivel "T.O. Footing", "T.O. Slab" o "T.O. Fnd Wall".

El Muro de Cimentación ahora tendrá como límites los niveles "T.O. Fnd. Wall" y "T.O. Slab". Se trazará a continuación el plano de las cimentaciones siguiendo los contornos del muro que de block que se trazó anteriormente en el nivel "Level 1", pero, a diferencia de esos muros, los de cimentación se trazarán en el nivel "T.O. Slab" (figura 3.12).





**Figura 3.13** Modelo 3D con cimentaciones: En vista 3D se puede observar de la siguiente manera la estructura con cimentaciones.

## COSTOS

Por defecto, cada uno de los elementos que se agregan al modelo es contabilizado. La manera en la que dichos objetos se cuentan depende de la familia en la que se crearon o modificaron. Por ejemplo, las puertas suelen contabilizarse por piezas, mientras que los pisos y techos se cuentan por metro cuadrado.

Muros y cimentaciones pueden contabilizarse tanto por metros cuadrados como por metros cúbicos. Los diseñadores de Revit tomaron en cuenta las características propias de cada cuantificación, por lo que proveyeron diversas alternativas ello. Así, un muro puede ser contabilizado por su longitud, ancho, altura, metraje cuadrado, cúbico, etcétera. Esta información se encuentra en el rubro "Schedules/Quantities". Por defecto, se muestran junto con la descripción del ensamblaje las dimensiones y algún comentario sobre los elementos enlistados. Lo que se debe procurar es el

establecer CUÁLES columnas se van a mostrar por cada concepto. Revit proporciona una página por cada concepto definido (familia), de tal forma que cada página que se presenta se puede modificar para requisitos particulares. Con el botón derecho del ratón aparecen las opciones de vista para cada página (View Properties). Cuando se selecciona la Opción de campos para ordenar (Fields) se escogen los que se desean mostrar; aquí se eligen las columnas que se muestran y la manera en que se ordenan. Si es necesario desglosar subtotales, como al separar los muros de cimentación de los de muros de 15 cm, se selecciona la lengüeta "Sorting/Grouping" y los cuadros "Header" and "Footer".

Por defecto, estos cuadros están sin selección, mientras que los muros están ordenados según su longitud (figura 3.13, 3.14 y 3.15). Dicha información puede exportarse a texto y para que una hoja de cálculo la manipule.

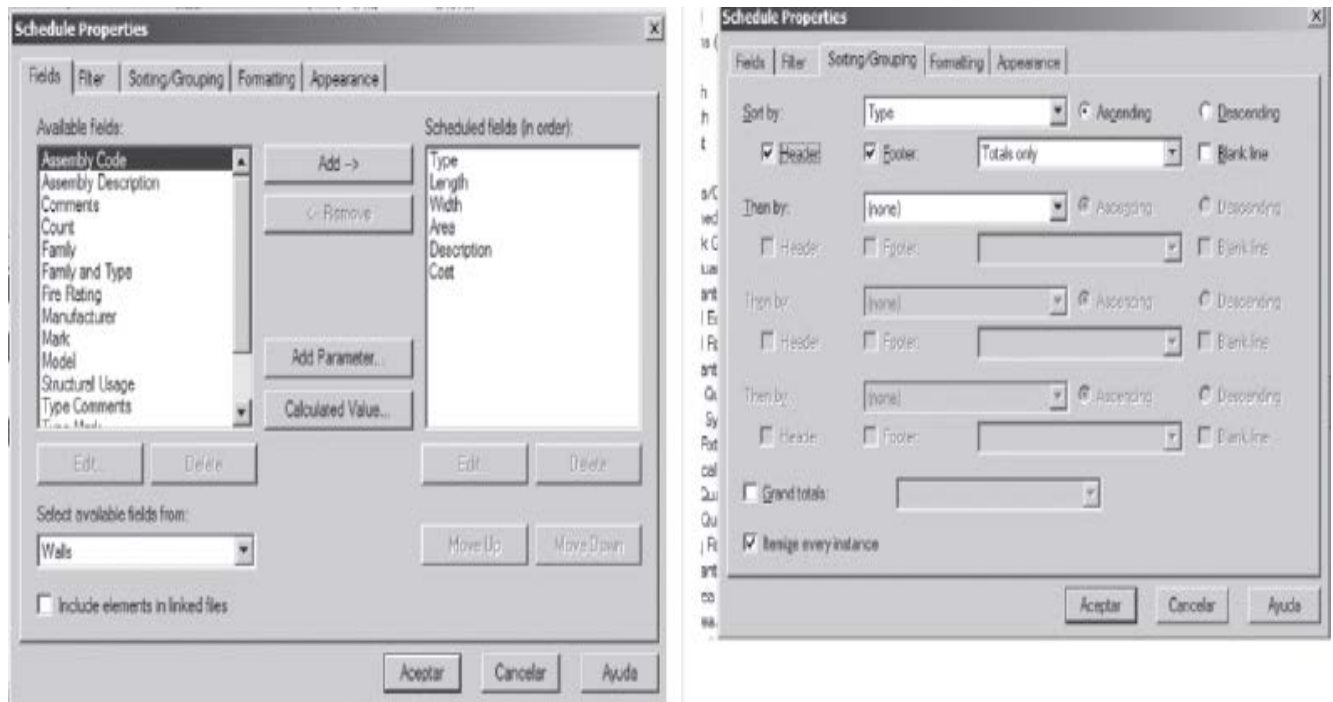


Figura 3.14 Campos y agrupamiento.

Autodesk Revit Building 8.1 - [CLASE01.rvt - Schedule: Wall Quantities by Assembly]

File Edit View Modeling Drafting Site Tools Settings Window Help

3D Views (3D) Elevations (Built) East North South West Legends Schedules/Quant Area Schedule C Casework Quant Ceiling Quantities Door Quantities Electrical Equip Electrical Fixture Floor Quantities Furniture Quant Furniture System Lighting Fixture C Mechanical Equip Parking Quant Planting Quant Plumbing Fixture Roof Quantities Room Area by D Room Area/Fins Specialty Equip Structural Beams Wall Quantities Window Quant

View Modeling Drafting Site Construction

Headers Group Ungroup Rows Filter Delete Show

Wall Assembly	Length - Center To Center	Width	Calculated To Built-Up Area	Description	Cost
<b>Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra</b>					
Foundation - Ciment	5.60	0.30	4.03	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	7.70	0.30	5.39	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	3.30	0.30	2.31	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	1.10	0.30	0.77	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	2.30	0.30	1.61	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	6.60	0.30	4.41	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	3.30	0.30	2.31	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	3.30	0.30	2.10	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	1.01	0.30	0.71	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	2.20	0.30	1.54	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	1.05	0.30	0.55	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	1.10	0.30	0.96	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
Foundation - Ciment	1.34	0.30	0.83	\$136.5/M3 - 655/M	136.50
<b>Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra, 13</b>			<b>27.12</b>		
<b>Generic - MURO DE BLOQUE 15CM</b>					
Generic - MURO DE	5.60	0.15	13.70		148.00
Generic - MURO DE	7.70	0.15	20.79		148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	7.11		148.00
Generic - MURO DE	2.30	0.15	6.62		148.00
Generic - MURO DE	1.10	0.15	0.61		148.00
Generic - MURO DE	6.60	0.15	15.03		148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	3.04		148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	3.24		148.00
Generic - MURO DE	2.20	0.15	4.31		148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	2.94		148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	7.28		148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	6.51		148.00
Generic - MURO DE	1.10	0.15	0.61		148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15			148.00

Figura 3.15 Información sobre costos, según el grupo.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Wall Quantities by Assembly	Wall Assembly Length - Cent	Width	Calculated To	Description	Cost																							
			Area																									
Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra																												
Foundation -	5.6	0.3	4.03	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	7.7	0.3	5.39	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	3.3	0.3	2.31	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	1.1	0.3	0.77	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	2.3	0.3	1.61	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	6.6	0.3	4.41	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	3.3	0.3	2.31	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	3.3	0.3	2.1	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	1.01	0.3	0.71	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	2.2	0.3	1.54	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	1.08	0.3	0.55	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	1.1	0.3	0.56	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation -	1.34	0.3	0.83	\$136.5/M3 -6	136.5																							
Foundation - Cimentación de Mampostería			27.12																									
Generic - MURO DE BLOCK 15CM																												
Generic - MU	5.6	0.15	13.7		148																							
Generic - MU	7.7	0.15	20.79		148																							
Generic - MU	3.3	0.15	7.11		148																							
Generic - MU	2.3	0.15	6.62		148																							
Generic - MU	1.1	0.15	0.61		148																							
Generic - MU	6.6	0.15	15.03		148																							
Generic - MU	1.2	0.15	3.04		148																							
Generic - MU	1.2	0.15	3.24		148																							

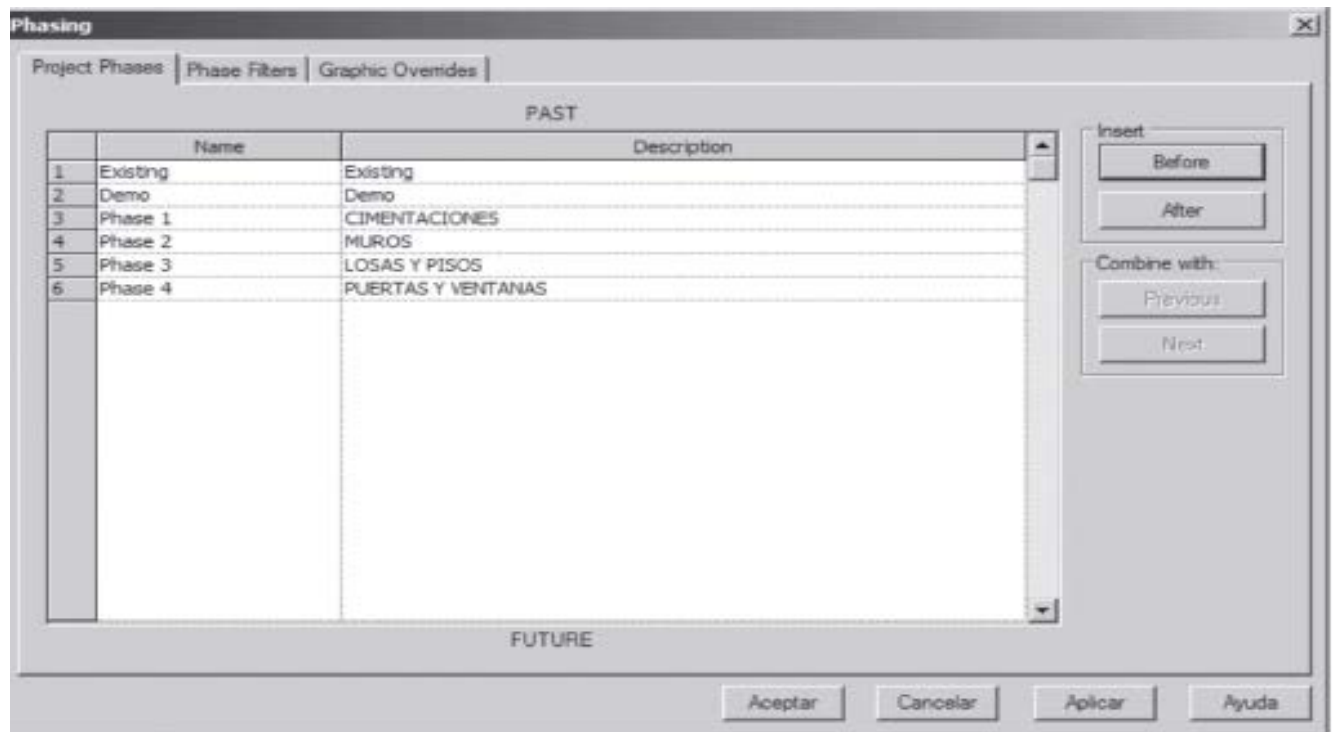
Figura 3.16 Exportando a hoja de cálculo.

## CREANDO FASES DE CONSTRUCCIÓN

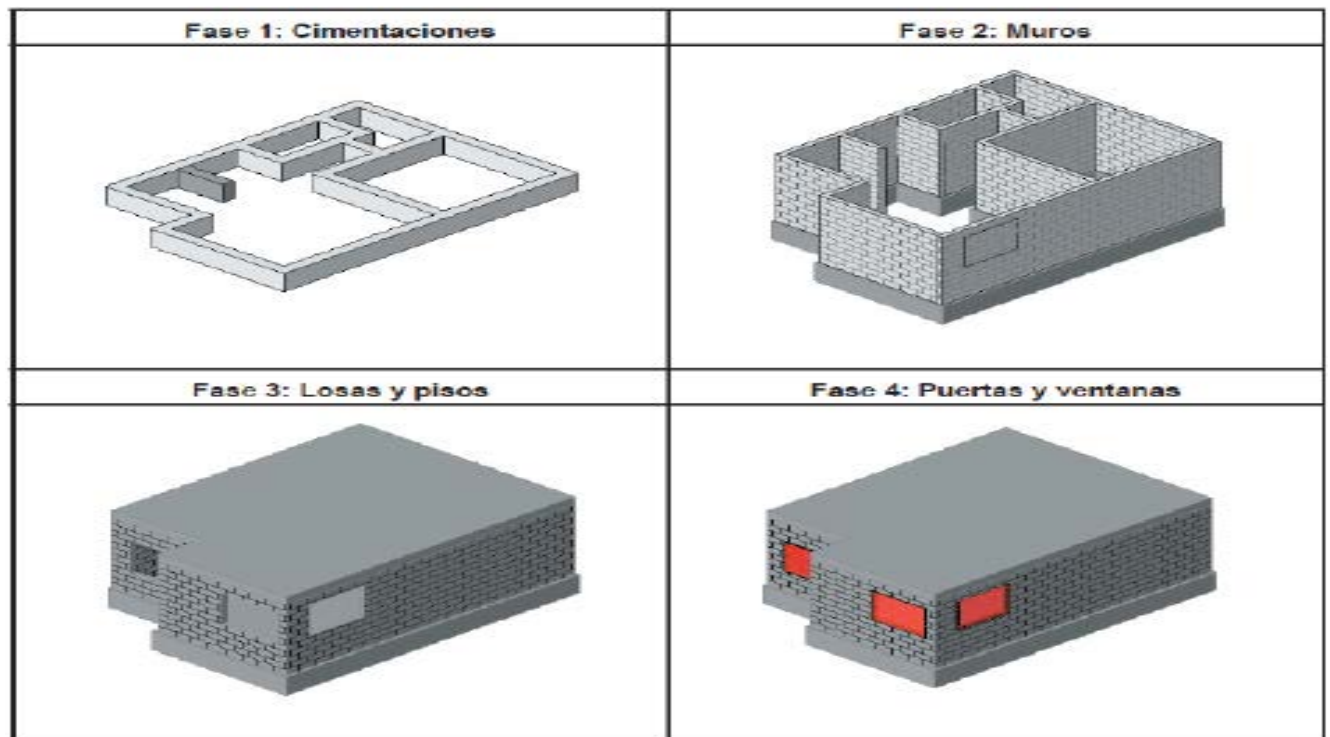
Del menú "Settings", elegir "Phases". La caja de diálogo "Phasing" se abre con la opción "Project Phases". Por defecto, cada proyecto tiene fases llamadas "New Construction" y "Existing"; usted puede retitularlas. Seleccione la caja de número al lado de la caja "Phase 1". Revit Building selecciona la fila entera de la fase. Si lo desea, elija "Name Text Box for New Construction" para retitular la fase. De manera similar, haga click en la caja de "Description" para editar la descripción.

Para insertar una fase antes de la fase seleccionada, haga click en "Insert Before"; para insertarla después, seleccione "Insert After". Revit Building nombra las fases secuencialmente de acuerdo al orden en que se agregan, por ejemplo: Phase 2, Phase 3, Phase 4, y demás.

Si así se desea, se puede renombrar las fases y agregar descripciones específicas para cada una. Ulteriormente, se puede decidir combinar fases. Seleccione una fase y haga click en "Combine with Next" o "Combine with Previous" para combinar fases. Al hacerlo, una de las fases originales se pierde; esto significa que todos los componentes que tenían que algún valor en la fase posterior a la actual se agregan a la vigente para actualizar el nuevo valor de los objetos en la fase combinada. Esto es muy útil si se pretende hacer un seguimiento de obra usando el modelo 3D (ahora 4D). Una vez definidas las fases de construcción, se seleccionan los elementos que corresponden a cada fase. Tras elegir los objetos y sus fases correspondientes, se pueden desplegar como se muestra en la figura 3.18.

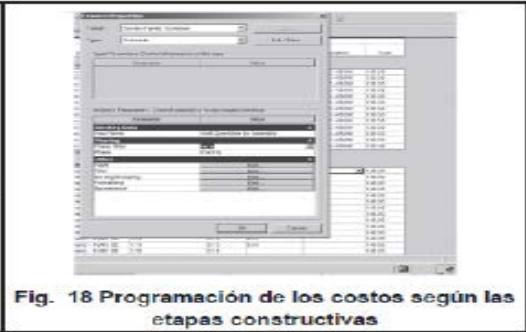


**Figura 3.17** Creando fases de construcción



**Figura 3.18** Fases de Construcción y sus elementos.

Tómense como ejemplo los muros: tanto los de cimentación como los de block de 15 cm se presentan en una sola página. Las propiedades de la ventana (*"View Properties"*) se muestran en la Figura 18.



**Fig. 18 Programación de los costos según las etapas constructivas**

[illegible]

**Figura 3.19** Programación de los costos según las etapas constructivas.

## COSTEO EN LAS FASES DE CONSTRUCCIÓN

El despliegue de fases de construcción en 3D también se ve reflejado en el costo de los elementos. Así, si se asigna correctamente a qué fase de construcción corresponde cada elemento, se puede desplegar la información económica a lo largo del tiempo. Suponiendo los siguientes costos de para los conceptos que se han manejado, se tiene lo siguiente:

- MURO BLOCK HUECO DE CONC.15x20x40 CM 0-6 MTS: \$ 148.00/M2.
- CIMIENTO Y DESPLANTE DE MAMPOSTERIA: \$650.00/M3

Nótese que el precio de la cimentación como muro no está dado en metros cuadrados, sino en metros cúbicos.

Esto debe tenerse en cuenta al momento de cuantificar. Así pues, se puede considerar que un metro lineal de cimiento tiene 0.30x0.70 metros cúbicos, o bien se pueden exportar sólo las cantidades a Excel© y desde allí escoger cuál columna usar (Área o Volumen). Para desplegar los costos --si ya se definieron las fases— en las ventanas donde se encuentran las volumetrías ("Schedule/Quantities"), se puede manipular la presentación de la información.

## CONCLUSIÓN

El conocimiento de los beneficios de la filosofía integral BIM va más allá de los aspectos meramente arquitectónicos. En este trabajo se mostró que la tecnología puede proporcionar una solución a los problemas de comunicación, es decir, tanto de información como de interacción de las personas involucradas en el equipo de trabajo: diseñadores, dueños y contratistas. Asimismo, es importante



definir la potencialidad del paradigma que ofrece BIM, así como la implementación de objetos en CAD arquitectónico, a la par de la implementación de herramientas o metodologías que puedan hacer posible el intercambio de información no gráfica entre ellas. El edificio que se construirá ya no debe considerarse como un conjunto de planos en 2D, sino como un grupo de objetos que contienen información en más dimensiones. Sistemas basados en BIM ofrecen beneficios que dependen del nivel de comprensión de los modelos que se producen por parte de cada miembro del equipo de trabajo. Al poner más atención a los problemas potenciales que se pueden presentar en la obra al momento del diseño se logrará que estos sistemas integrados sean más exitosos en el futuro, tanto desde el punto de vista económico, como por el ahorro de tiempo al evitar futuras correcciones al trabajo ya hecho.

## BIBLIOGRAFÍA

AutoDesk Inc. (2000), ObjectARX for AutoCAD 2000, Publication 00120-010000-5060

Autodesk Revit (2000), "Autodesk Revit for AutoCAD Users", White Paper, versión contenida en el disco de instalación.

Fink, Thomas (2004) "Structural analysis, design and detailing using standard CAD software and standard Building Information Model", the German Chapter of the IAI (Industry Alliance for Operability), en [http://e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2004/280/pdf/icccbe-x\\_164.pdf](http://e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2004/280/pdf/icccbe-x_164.pdf).

Ibrahim, Magdy M., Krawczyk, Robert J., Schipporiet, George, (2004) "Architectural information to the construction site based on the BIM object concept", CAADRIA 2004 Conference, Seoul, South Korea, College of Architecture, Illinois Institute of Technology, en <http://www.iit.edu/~krawczyk/miccad04.pdf>.

Ibrahim, Magdy, Krawczyk, Robert, Schipporiet, George (2004b) "Two Approaches to BIM: A Comparative Study", College of Architecture, Illinois Institute of Technology, eCAADe Conference, Copenhagen, Denmark, en <http://www.iit.edu/~krawczyk/miecad04.pdf>.

Ibrahim, Magdy, Krawczyk, Robert (2003) "The Level of Knowledge of CAD Objects within the Building Information Model", Association for Computer-Aided Design in Architecture, ACADIA 2003 Conference, Muncie, Indiana, en <http://www.iit.edu/~krawczyk/miacad03.pdf>.

Montero, Jesús, Galletero, Pablo, Neumeister, Carlos, Díaz, Fausto, (2002) "Optimization Of Rigid Frame Bays Using Harp Bracings", Proceedings of the 2002 American Society of Agricultural Engineering, Annual Meeting, Paper number 024027

Cornick, Tim (1996). Computer Integrated Building Design, E & FN Spon.







**Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
bpereyra@uady.mx

**Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma, PhD, - DBIA**

Department of Civil & Environmental Engineering,  
Worcester Polytechnic Institute – USA  
salazar@wpi.edu

**M. I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
zgrife72@uady.mx

04

---

INTEROPERABILIDAD ENTRE SISTEMAS  
COMPUTACIONALES BIM Y DE PRECIOS  
UNITARIOS ORIENTADOS A LA CONSTRUCCIÓN



## RESUMEN

Este trabajo presenta cómo se puede lograr la interactividad entre los sistemas BIM y los sistemas de costos. Se utilizó Autodesk Revit© para desarrollar un modelo de una construcción, establecer objetos y familias derivadas de los tipos básicos y adicionar información extra a la representación gráfica de dichos objetos y exportarla a una base de datos de MS Office©.

Se programó una aplicación para poder extraer la información relevante al sistema de costos SINCO Wfi y se convirtió en una base de datos de dicho sistema para su uso en un presupuesto. Con ello se demuestra qué tan flexibles son los sistemas empleados para utilizar de manera integral la información generada en un ambiente BIM.

Se entrenó a un grupo de alumnos de la Maestría en Ingeniería que se imparte en la Facultad de Ingeniería de Universidad Autónoma de Yucatán y se les dio un proyecto a realizar. Con entrenamiento básico, los alumnos llevaron a cabo dicho trabajo, cuyos resultados se presentan en este artículo.

## INTRODUCCIÓN

En un proyecto de construcción, hay espacios vacíos en la comunicación entre los diferentes participantes del proyecto. Tradicionalmente se habla del diseñador (arquitecto, ingeniero diseñador, etc.), el constructor (contratistas, subcontratistas, incluidos los proveedores de materiales), y el dueño (ya sea una institución pública o privada).

El vacío de comunicación es mucho más evidente en la operación y el mantenimiento de una obra. Cuando se termina una obra, el dueño no obtiene sólo un edificio nuevo, sino también una plétora de información del proyecto en forma de papel y medios electrónicos. Inclusive desde antes de que se empiece a construir, el proyecto o porciones del mismo deben de concursarse.

Lo anterior significa que ya se deben de tener tanto cantidades de obra, como una aproximación al costo de los conceptos a estimar. El trabajo que le queda al dueño es el de darle sentido a toda la información arquitectónica, procedimientos y especificaciones de construcción y así mismo, costo tiempo y calidad deseados.

Los teléfonos portátiles y el correo electrónico han influenciado al negocio de la construcción, así como a la educación tecnológica en ingeniería, más que a la educación básica. Se habla que las empresas constructoras ya están aprovechando los beneficios del correo electrónico, de la Red Global, de los sistemas de costeo, de programación de obra, de CAD, pero en lo que se refiere a tecnología integradora, todavía hay reticencia.

La tecnología BIM (Modelo Integral de Información para la Construcción, por sus siglas en inglés) tiene el potencial de completar los vacíos de la comunicación que existen, pero no se ha logrado vencer totalmente la resistencia de la industria para incorporar dicha innovación tecnológica (Méndez, 2006). Una de las principales razones

por la que dicha tecnología no ha sido adoptada es la diferencia entre los conceptos que manejan las diferentes partes involucradas en un proyecto. BIM surgió como la solución al problema de la integración de la información 2D a 3D dinámico, extendiéndola a 4D y especificaciones de obra. Con dicha integración, los fabricantes de productos BIM lograron integrar las tareas de almacenamiento de información y manejo de cuantificación de obra. Todo lo anterior partiendo de soluciones arquitectónicas y de diseño (Baeza y Salazar, 2005).

Lo anterior es difícil de extender al mundo de la administración y gerencia de la construcción. En esta área, las soluciones BIM solo tienen relevancia para diseño y se presta más atención a cuestiones de obtención de volumetrías, que a cualquier otro aspecto. En este campo, se ha prestado poca atención en el uso de la tecnología BIM en aspectos de costeo, planeación, control y seguimiento de obra, a pesar de que muchos de los sistemas BIM existentes en el mercado, hasta cierto punto, poseen la capacidades para ser extendidas para englobar aspectos de gerencia de proyectos (Khemlani, 2006).

No obstante, con el avance de la tecnología BIM, muchas empresas de software comerciales ya están desarrollando soluciones para hacer accesible la información generada por dichos sistemas y ponerlas a disposición de sistemas de costos, de programación y control de obra y demás sistemas gerenciales. Entre estos sistemas se pueden mencionar a los desarrollados por la empresa Success Design™, desarrolladores de Success Estimator©. Dicha empresa desarrolla sistemas que ligan a Success Estimator© (un sistema para la estimación y costeo de construcción) con Autodesk's Revit© (el sistema BIM que desarrolla Autodesk).

Con lo anterior, se pueden extraer los datos de las bases de datos generadas en Revit y usarlos en Success Estimator©. Con ello se pueden crear estimados de costos, partiendo de información

de diseño en BIM almacenadas en Revit (USCost.com, 2006). Autodesk™ recientemente anunció sus planes para la adquisición de Constructware™, una de las empresas más avanzadas en la gerencia de proyectos y desarrolladores de soluciones sistémicas basados en la Web, así como soluciones colaborativas, utilizadas por contratistas, subcontratistas, dueños y gerentes de obra.

Autodesk no está arriesgándose: las funcionalidades del software Constructware junto con las de Autodesk Buzzsaw®, han mostrado al mercado norteamericano (Canada y USA) que los diferentes participantes en la industria de la construcción pueden trabajar de manera cooperativa, en lugar de fomentar la competencia mutua. Constructware está orientado a la industria de la construcción norteamericana, a los contratistas y los subcontratistas generales y ha atraído significativamente al sector público y al de la educación en dichos países, mientras que la principal base de clientes de Buzzsaw está en la edificación residencial.

La adquisición de Constructware por parte de Autodesk sugiere que dicha compañía está buscando seriamente su expansión en la industria de la gerencia de construcción.

Además, dado que son líderes en el desarrollo de soluciones BIM para arquitectura e ingeniería, se espera que dicha empresa pronto desarrolle una solución para la estimación de costos, programación y control de obra, partiendo del uso de BIM (Khemlani, 2006). Por lo que se ha mencionado en los párrafos, se puede decir que la siguiente generación de productos BIM podrán contar con medios para poner a disposición de los gerentes de construcción, además de la información gráfica, de datos volumétricos, especificaciones de obra y secuencias de construcción, de la información acerca de programación de obra, costeo, planificación de suministro de insumos, etc.

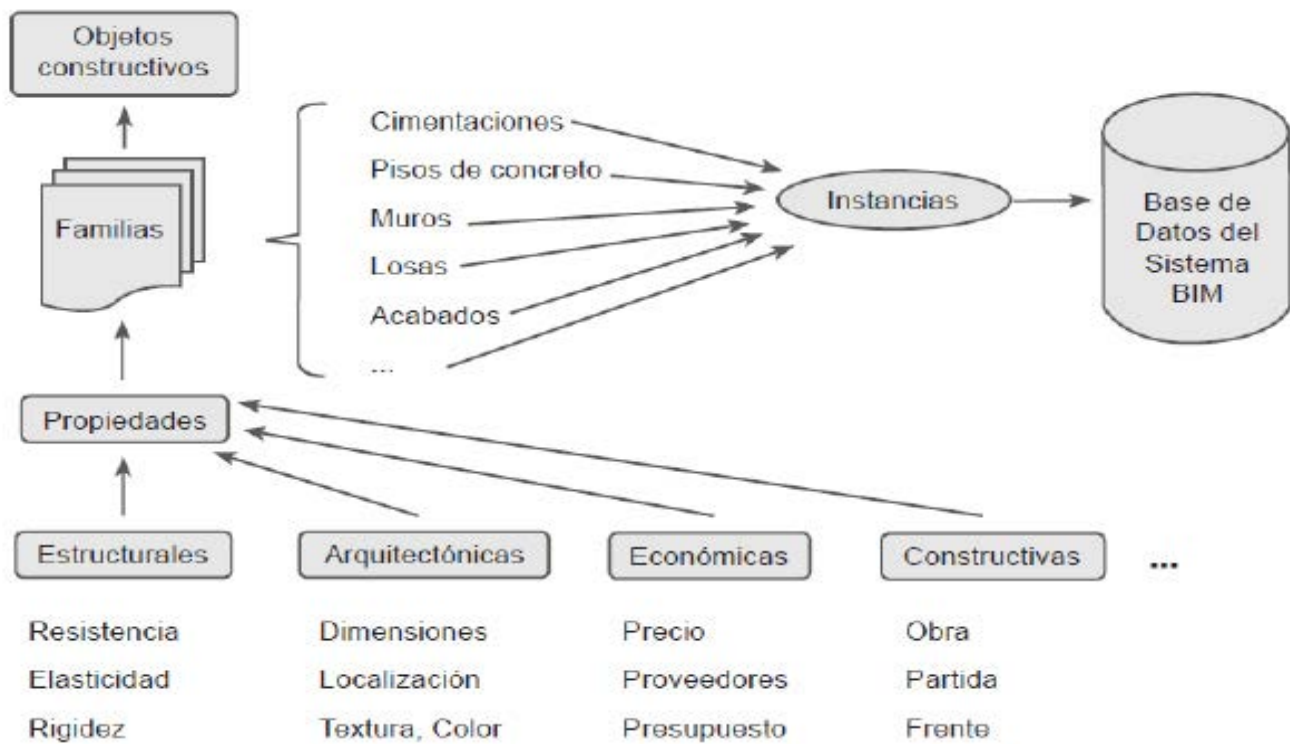
Sin embargo, el solo hecho de contar con dichas capacidades en los sistemas de computacionales, no asegura que la generación actual de gerentes de construcción posean los conocimientos para asimilar dicha tecnología cuando se ponga disponible. De hecho, la generación actual de constructores no ha comprendido en su totalidad la filosofía que soporta a las herramientas BIM actuales (Méndez, 2006). Por el momento, las empresas de desarrollo de sistemas de cómputo para la construcción se han dedicado al desarrollo de sistemas intermedios para conectar los sistemas BIM con los gerenciales (costos, control de obra, etc.). Esto quiere decir que dichas empresas ya han desarrollado programas que extraen información de un sistema BIM y lo hacen accesible a otro. Por ejemplo, existen programas que extraen especificaciones de un sistema BIM y lo ponen disponible a hojas de cálculo. También existen soluciones que hacen posible intercambiar la información cuantificable directamente a los sistemas de costo (USCost.com, 2006).

En este trabajo se muestra cómo se puede hacer este tipo de conexión, con el objeto de lograr un mayor aprovechamiento de las capacidades del sistema Revit, y ponerlas a disposición del programa Sinco Wfi®. Con esto se pretende mostrar cómo se puede poner a disposición de la comunidad de la industria de la construcción de una metodología para tener más accesible la información procedente de sistemas BIM y hacerla más comprensible para el gremio local.

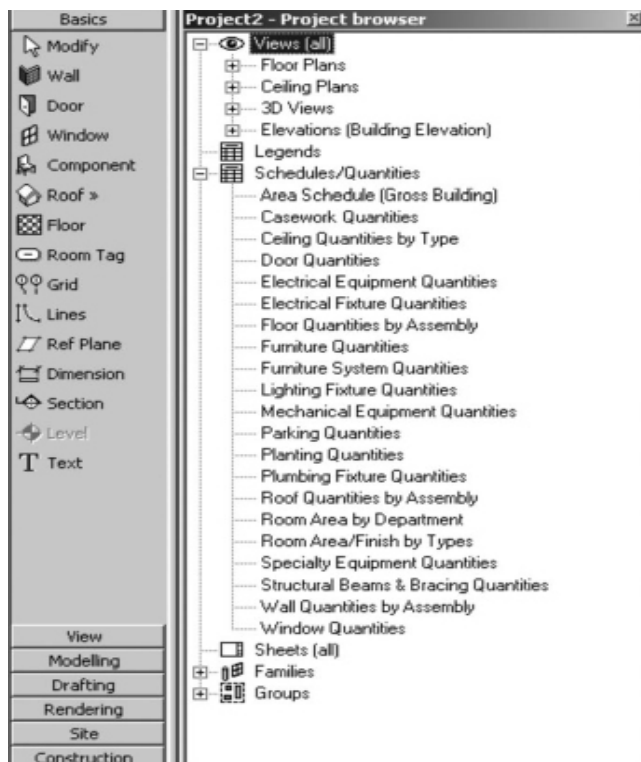
## METODOLOGÍA

Autodesk Revit maneja entidades para todas las familias de componentes de un proyecto, para los componentes particulares en un dibujo, incluso para las vistas de un objeto y para las hojas de cálculo de características, por mencionar algunos ejemplos. Esto fue heredado de la programación orientada a objetos, donde cada concepto parte de objeto primitivo, del cual se derivan instancias que heredan las particularidades del objeto primigenio.

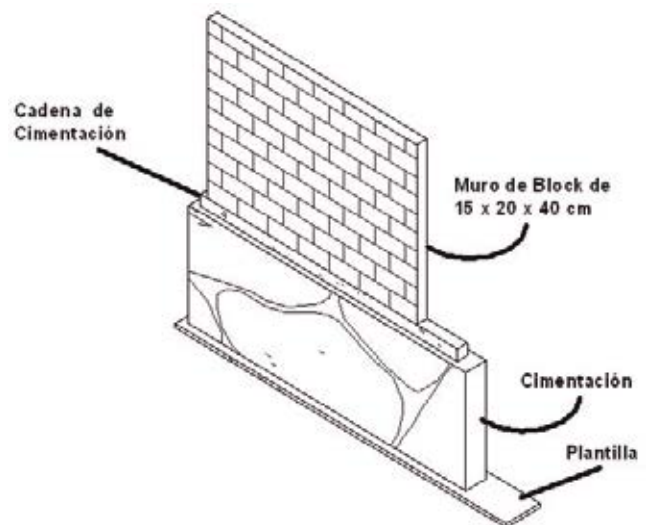




**Figura 4.1** Propiedades de los objetos constructivos, agrupados en familias y su almacenamiento la base de datos BIM.



**Figura 4.2** Familia de Muros.



**Figura 4.3** Sistema de Muro.

(el cual se le conoce como objeto "padre"). Las instancias del padre pueden tener además de las características heredadas, cualidades propias. Así pues, un objeto "muro" es el padre de todos los tipos de muros que se puedan generarse a partir de él: muros de block de 15 cm de ancho, muros de mampostería de piedra de 30 cm de ancho, sistemas de muros de contención de ancho definido por el usuario, etc.

Cada una de estas instancias se pueden cuantificar de diferente manera: los muros de las edificaciones por lo general se miden por metro cuadrado; los muros de cimentación se pueden medir ya sea por metros cuadrados o cúbicos, según lo especifique el contrato. Si se consideran las cadenas de cimentación, de enrase, las plantillas cimentación y demás conceptos, como parte de los tipos de muros, dichos conceptos se cuantificarían por metro lineal.

Así pues, cada elemento del tipo muro estará conformado por diferentes características que un programa externo tendrá que identificar, según el contexto en que se está trabajando. Sin embargo, para Revit, todos los tipos de muro conformarán una "familia", con las mismas características. Cada familia que se usa en un modelo, está cuantificada bajo una misma clase.

Tómese el siguiente modelo de ejemplo: En este modelo se pueden apreciar diferentes tipos de muros en el proyecto. Los más evidentes son los muros de cimentación y los muros de block de 15 cm., pero para este proyecto también se han definido las plantillas de cimentación, las cadenas de cimentación, los cerramientos y los enrases como subtipos de la familia de muros, pero con diferentes características. Revit tiene la capacidad de ser extendido para incluir características extras, llamadas "parámetros" a los que por defecto el sistema ofrece. La siguiente Figura muestra de manera esquemática la organización de alrededor

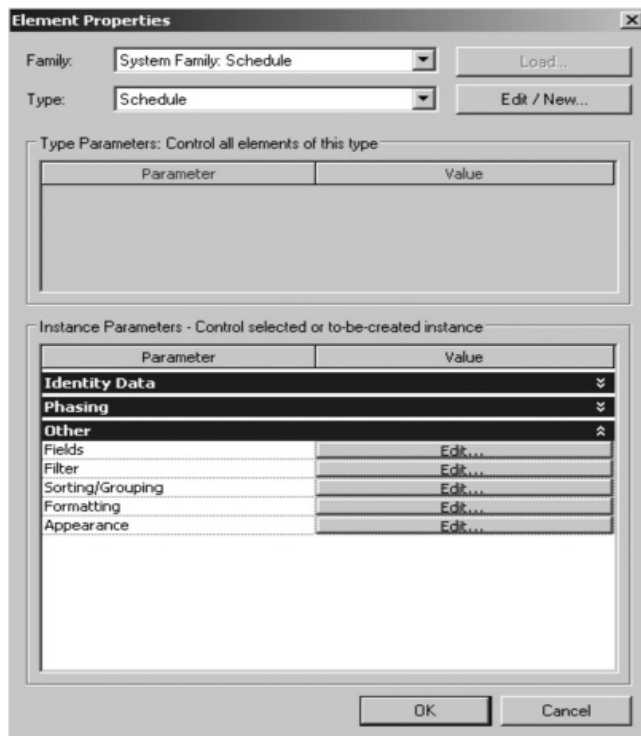
de familias y parámetros, en una base de datos "BIM", similar a la de Revit.

Cuando se modifica una familia (como la de muros, por ejemplo), dichos parámetros se agregan en la sección "Schedules/Quantities" del proyecto. Cada objeto que se incluye es contabilizado en dicha sección. Es en esta sección donde también se pueden agregar parámetros útiles para la manera como cualquier programa de costos puede utilizarlas. Tómese por ejemplo la sección "Wall Quantities by Assembly" (literalmente, "cantidades de muros por tipo de ensamble"). Todos los tipos de muros que se han derivado del tipo genérico (padre) se encontrarán en esta sección (figura 4.2). El sistema de muros tal como se presenta en la Figura 1.3 se puede ver desglosado en la sección "Wall Quantities by Assembly" de la siguiente manera:

Figura 4.4 Wall Quantities by Assembly, una vista de los tipos y cantidades de muros. En este caso se tiene las columnas que se muestran son "Wall Assembly", "Length", "Area", "Volume", "Wall Type", "Description" y "Comments". La manera como se despliegan las columnas se puede modificar por el usuario y es en esta sección donde se pueden agregar parámetros extras. Por principio de cuentas, para tener acceso al desplegado de columnas, se hace necesario invocar al editor de la tabla, mediante el botón derecho del ratón.

Wall Quantities by Assembly						
Wall Assembly	Length - Center to Center		Calculated To But End Dimensions		Wall Type	Description
	Length	Width	Area	Volume		
FILAIZ - Muro de Block de 15 cm	0.10	0.15	0.02	0.003		
	3.10		0.02	0.003		
FILAIZ - Cadena 15 x 15 cm	0.80	0.15	0.07	0.006		
	2.80		0.07	0.006		
FILAIZ - MAMPOSTERÍA 30 cm	4.10	0.30	0.95	1.794		
	4.10		0.95	1.794		
FILAIZ - PLANTILLA DE CIMENTACIÓN	4.90	0.50	0.25	0.123		
	4.90		0.25	0.123		
	15.90		13.58	3.015		

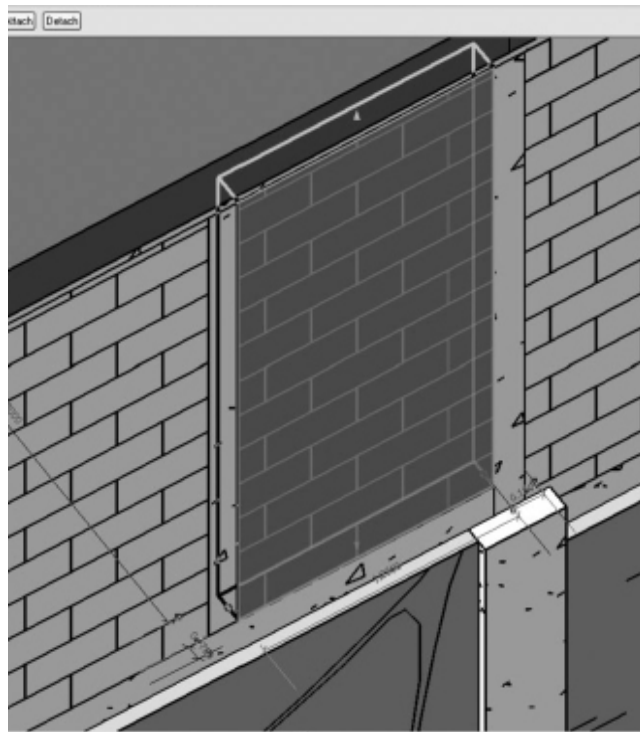
**Figura 4.4** Wall Quantities.



**Figura 4.5** Propiedades de los Elementos.

En la sección "Other" se puede editar las siguientes propiedades: "Fields", "Filter", "Sorting/Grouping", "Formatting" y "Appearance". A cada familia que se utilice en un proyecto se le pueden agregar propiedades que se le pueden añadir características que no se encuentren listadas entre las columnas (Fields) a mostrar. Así mismo se pueden escoger qué características se van a mostrar en un Schedule (figura 4.5).

Lo básico es mostrar la descripción del objeto (la familia de la cual procede). Así pues el objeto que se resalta en la (figura 4.6), además de sus características geométricas posee características que son propias de un presupuesto. Entre estas se puede mencionar la obra a la cual pertenece, la partida (la clasificación que se le asigne en el presupuesto), el frente de obra que se le es asignado en el programa de obra y el concepto (lo que es contabilizado).



**Figura 4.6** Instancia de muro, con sus propiedades geométricas

Para el caso del objeto que se muestra es un muro construido a partir de bloques de 0.15 de ancho por 0.20 de alto, por 0.30 m de largo. El concepto correspondiente es una descripción detallada de la de los componentes para ser costeados. Un concepto como el que el que se ha ejemplificado quedaría descrito como sigue:

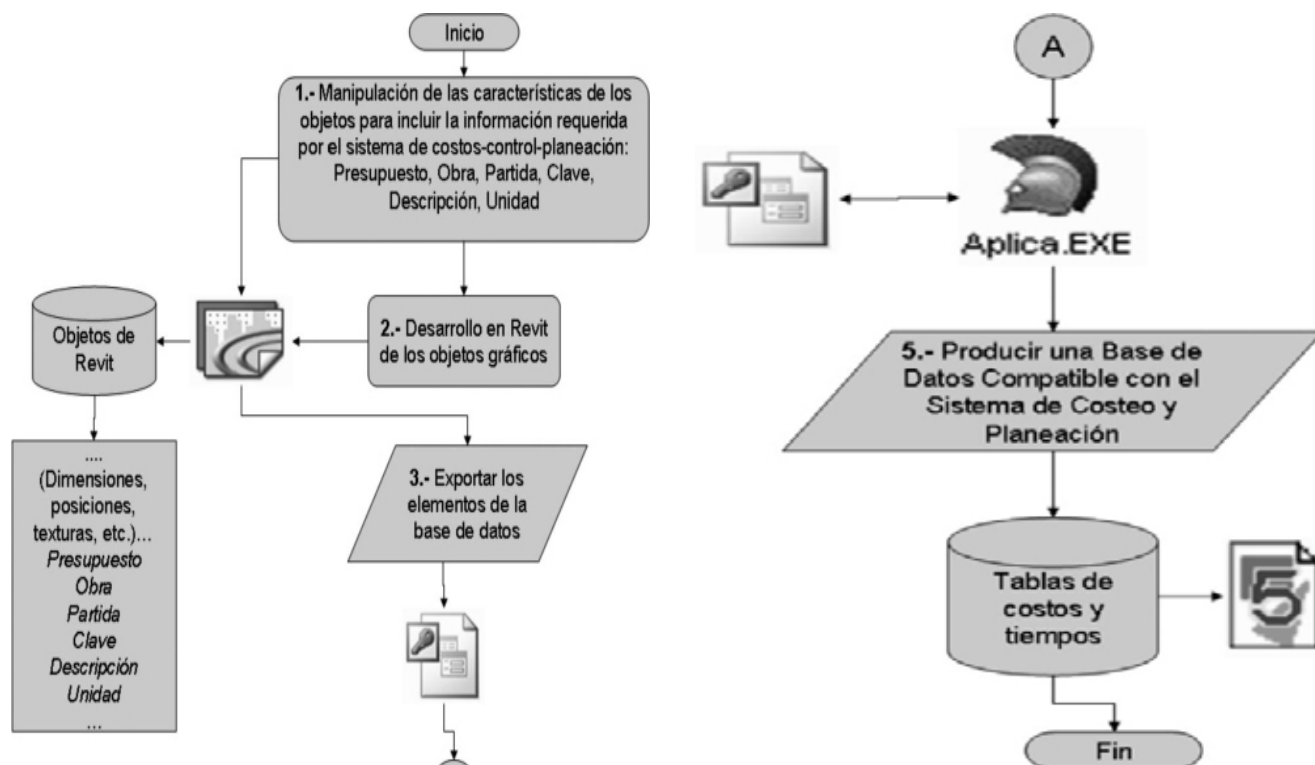
**Clave:** 5CAD1520

**Descripción:** Muro de Bloques de 15 x 20 x 30 cm

**Unidad de medida:** M<sup>2</sup>

Los valores de cada campo se pueden programar en el software para además incluir en cada objeto las siguientes propiedades:

- Presupuesto del cual proviene
- Obra a la cual pertenece
- La partida de la cual proviene.
- El frente de obra que se le ha asignado al concepto.



**Figura 4.7** Proceso de intercambio de información entre sistemas BIM y de Costeo

Una vez que el software está programado para tener estas propiedades, se debe de pensar cómo el software de costos tiene estructurados sus objetos. Con ello se puede programar una rutina de que pueda tomar dicha información y convertirla en datos que el software de costos y control de obra puede manejar.

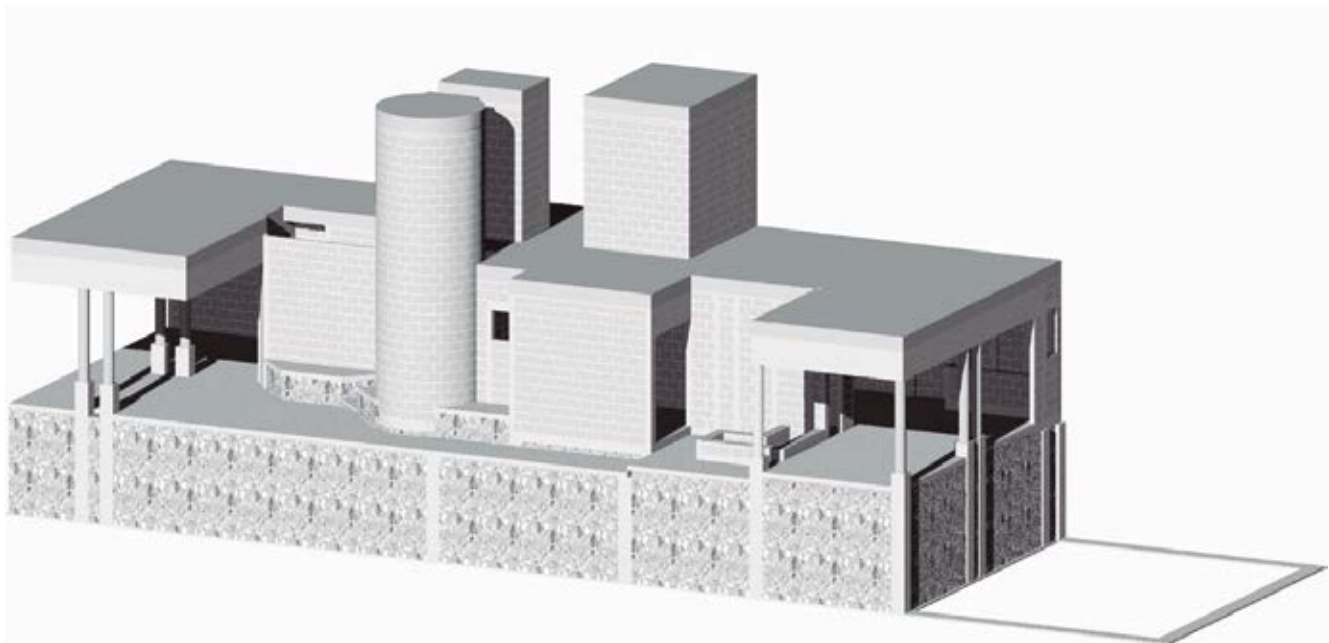
Para el caso de este trabajo, se eligió que Revit exportase los datos de sus objetos en formato de base de datos de Microsoft Access, que es el formato que muchos de los sistemas de costos o de control de obra pueden manejar.

Para manipular los datos procedentes del registro de objetos gráficos, se utilizó el programa SincoWfi© para manejar costos y control de obra, no sin antes transformar la información gráfica exportada por Revit© a MSAccess© en una base de datos manejable. Para ello se diseñó una aplicación que pudiera tener acceso a la base de datos que se

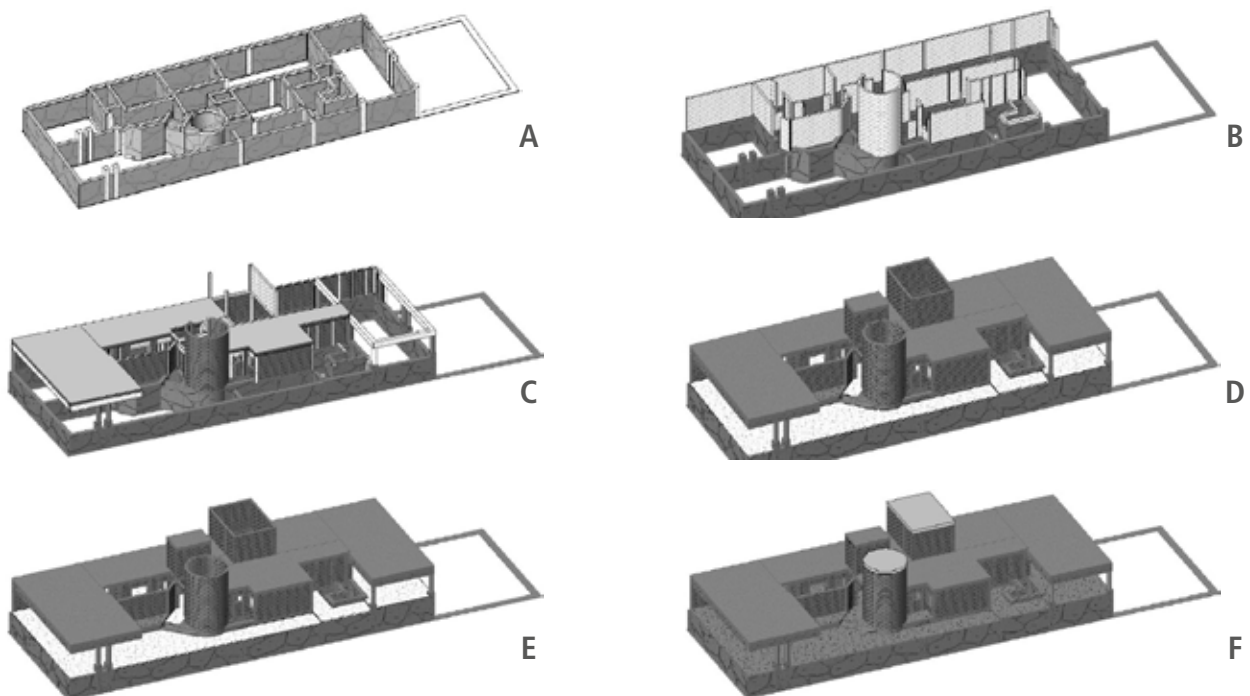
genere, filtre y transforme en el formato compatible con la aplicación de costos. La (figura 4.7) muestra de manera esquemática cómo se desarrolló dicho proceso.

## RESULTADOS

En la implementación de la metodología expuesta anteriormente, se les presentó a los alumnos de la materia de "Temas especiales de sistemas de información: Integración del Diseño y Construcción" un modelo para su desarrollo. Dicho modelo fue proporcionado en formato AutoCad. Los alumnos desarrollaron una versión tridimensional, a la cual se le añadieron los parámetros presupuestales descritos anteriormente a cada familia de objetos constructivos. La versión gráfica de dicho modelo se muestra en la siguiente (figura 4.8). Para agilizar el trabajo de los alumnos, los catedráticos que impartieron dicha materia proporcionaron una plantilla prediseñada, con las



**Figura 4.8** Modelo 4D del proyecto de ejemplo.



**Figura 4.9** Modelo 4D del proyecto por etapas.



características tanto geométricas como arquitectónicas de cada concepto de construcción a modelar. Dichos conceptos fueron compatibles con las prácticas constructivas de la localidad. Para fines prácticos de este curso, dicha plantilla sólo tiene personalizado los siguientes conceptos:

- Plantilla de Cimentación
- Muro de Cimentación de Piedra Hilada,
- Dados de Cimentación de 30 x 30 cm
- Cadenas armadas de 15 x 15 cm.
- Firme de Concreto
- Muros de Block de 15 cm,
- Castillos armados de 15 x 15 cm
- Cerramientos
- Cadenas de Enrase.
- Losa de techumbre.
- Ventanas y Puertas.

Cabe aclarar que dicha plantilla se enfocó a las propiedades geométricas de los elementos. Los alumnos se avocaron a la tarea de crear el modelo 3D y añadir las propiedades correspondientes a los costos y procesos constructivos. Como puede apreciarse del proyecto es que el nivel de complejidad arquitectónica implica un mayor trabajo en el desarrollo de los objetos gráficos. Sin embargo, partiendo de un conjunto de objetos predefinidos, la tarea de los alumnos fue ágil.

Por ejemplo, en el transcurso de la primera semana del curso, los alumnos ya pudieron realizar diversas tareas previas al desarrollo del proyecto. El resto del desarrollo se concentro en la implantación del esquema de exportación de costos. Para ello se los alumnos implantaron las propiedades económicas y de planeación a los objetos que se desarrollaron en modelo.

Con la información anterior, los alumnos procedieron al desarrollo del modelo 4D del proyecto. En cada fase del proceso (Figura 4.10), se añadió la información específica de cada etapa constructiva, como la creación de ejes ortogonales

y no ortogonales, así como la colocación de los elementos correspondientes a la fase (Baeza y Salazar, 2005). Una vez creados los elementos gráficos, los alumnos procedieron a agregar la información referente a costeo. En la figura 4.10 se muestra parte de los listados que contienen dicha información. En muchos de los casos, esta se repite debido a que sólo se estudió un ejemplo, pero esto se puede hacer extensivo a otros proyectos.

La información presentada en dicha Figura no contiene valores de costos. Para obtener el costo de un concepto, es necesario hacer un análisis de los costos materiales, mano de obra, maquinaria, etc., por lo que dicho análisis se deja para cuando se manipule el software de costeo. Sin embargo, se puede en los listados anteriores se puede extraer información volumétrica de dichos conceptos. No está demás recalcar que debido a la cantidad de información procedente de dichos listados, el uso de una rutina automatizada que extrae la información relevante se hace necesario.

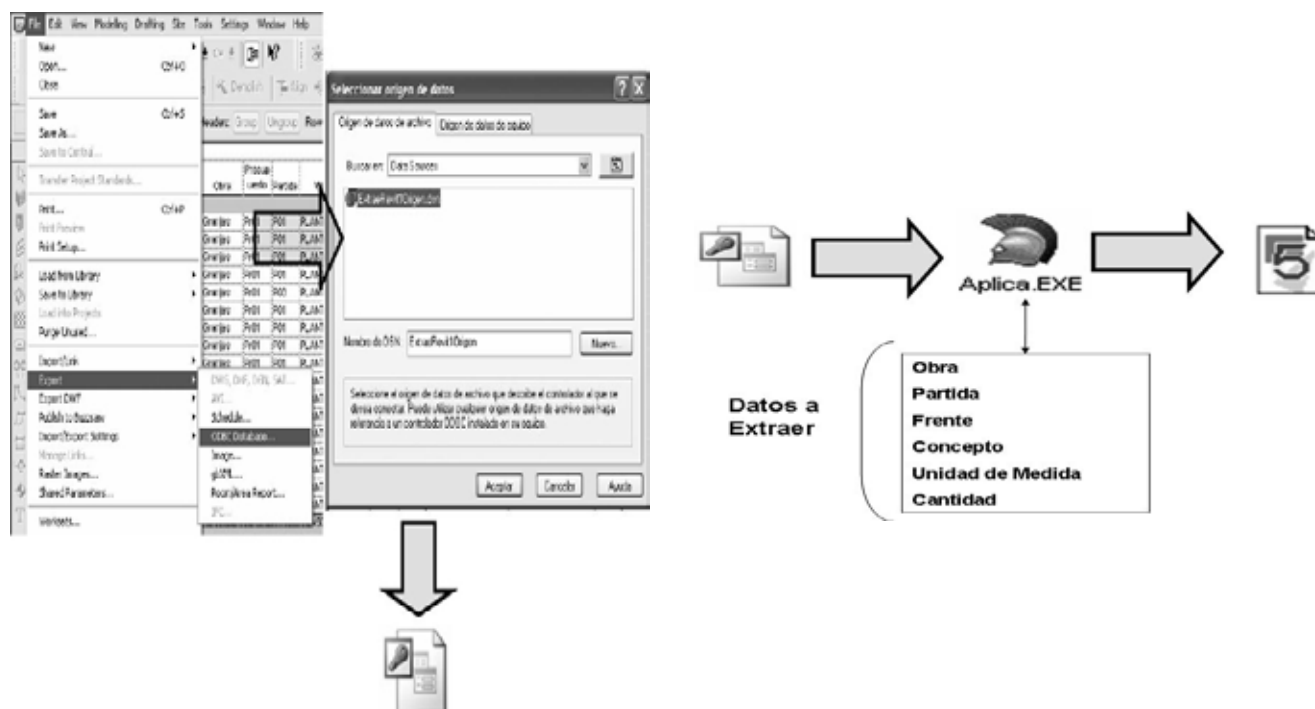
La base de datos del proyecto se extrajo utilizando la opción de exportación a ODBC (Open Data Base Connectivity, por sus siglas en inglés), que el software trae interconstruida. Para que se exporten dichos datos usando esta opción se requiere de un puerto de origen de datos (DSN, Data Source Name por sus siglas en inglés). El asistente de exportación agiliza la creación de dichos archivos. En ellos se configuró el formato de salida a base de datos de MS-Access®. Así mismo, se exporta toda la información contenida en el proyecto. Esto incluye tanto información geométrica, cuantitativa y añadida por el usuario.

La aplicación que se desarrolló extrajo los datos necesarios para crear un archivo compatible con el sistema de costeo. Los datos que se muestran en la figura 4.9 y 4.10 fueron convertidos en información compatible con el sistema SincoWfi (figura 4.11). El resultado de la extracción de dicha información se puede ver en el reporte que se muestra en la figura



[illegible]

**Figura 4.10** Información de costos por cada etapa



**Figura 4.11** Exportación a sistema de base de datos, usando controladores ODBC de Windows. Programa de depuración de información de una base de datos para alimentar al sistema de costos

Clave	Tipo	Descripci	Unid	Fre	P.	Cantidad	Importe
5AHOGA1	PRE	Castillo	ML		\$0	0	\$0
5DAD3030	PRE	Dado 30 x	ML		\$0	0	\$0
5CAS1515	PRE	Castillo	ML		\$0	0	\$0
5SARDI02	PRE	FIUADY -	ML		\$0	35	\$0
5PLAN001	PRE	FIUADY -	ML		\$0	166	\$0
5MAMPA1V	PRE	FIUADY -	M3		\$0	84	\$0
5CAD1520	PRE	FIUADY -	ML		\$0	131	\$0

**Figura 4.12** Sistema de costeo con resúmenes de cantidades extraídas de la base de datos, el costo es cero porque no se ha establecido aun.

12. Toda la información contenida en el proyecto. Esto incluye tanto información geométrica, cuantitativa y añadida por el usuario.

aplicaciones. Lo más importante quizás sea el hecho de que los alumnos, con entrenamiento básico en BIM desarrollaron el proyecto presentado en este trabajo.

## CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se pudo constatar que el uso de la tecnología BIM facilita el hecho de implementar detalles específicamente orientados a costos. La tecnología orientada a objetos permite que se puedan crear familias que después puedan generar instancias con los atributos de costeo. Con ello se expande las posibilidades del uso de BIM a otras ramas tal como la de programación de obra, mediante el uso de fases constructivas inherente en Revió. No hay que olvidar que para se obtengan los resultados antes presentados, tanto el sistema BIM como el de Costeo tienen que tener los mismos campos y estar en sincronía. Será en un trabajo posterior en el que se pueda desarrollar una aplicación que extraiga directamente de la base de datos de BIM, en lugar de tener que utilizar comandos de nivel ODBC. Con ello se facilitará aun más el proceso de interoperabilidad entre dichas

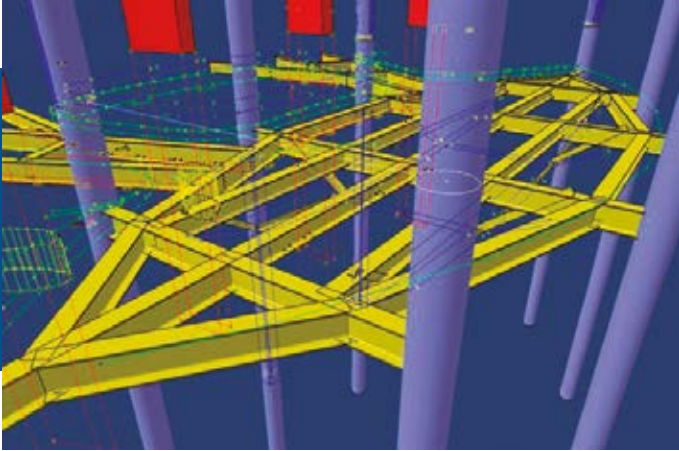
## BIBLIOGRAFÍA

Baeza Pereyra, Julio R., and G.F. Salazar Ledezma (2005). "Integración de Proyectos Utilizando el Modelo Integrado de Información para la Construcción (Integration of Projects Using the Building Information Model for Construction)." Ingeniería Revista Académica, Septiembre - Diciembre, Volumen 9, Número 3, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México,

Khemlani, Lachmi (2006), "Visual Estimating: Extending BIM to Construction", AECbytes <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/VisualEstimating.html>.

Mendez, Ronald O. (2006), "The Building Information Model in Facilities Management", Tesis de Maestría, Worcester Polytechnic Institute, Mayo 2006.

USCost.com (2006), "Success Design Exchange,  
Effortlessly Links BIM to Success Estimator", [http://  
www.uscost.com/designexchange.asp](http://www.uscost.com/designexchange.asp)



**Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra**  
Universidad Autónoma de Yucatán, México  
bpereyra@uady.mx

**M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**  
Universidad Autónoma de Yucatán, México  
zgrife77@uady.mx

05

---

CONJUNTO DE HERRAMIENTAS PARA LA  
INTEROPERABILIDAD DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN INTEGRALES



## INTRODUCCIÓN

Cuantificar un proyecto de construcción es un trabajo que requiere experiencia, pero sobre todo toma un tiempo considerable. A través del tiempo se han realizado esfuerzos para mejorar la eficiencia del proceso de la cuantificación utilizando calculadoras manuales y electrónicas, así como también se ha difundido mucho el uso de la hoja electrónica (Eastman, et al., 2008).

Estimar las secuencias y las duraciones de los trabajos de construcción es una tarea que requiere experiencia, pero sobre todo requiere la colaboración de diferentes disciplinas. Además de ello, la manera corriente de hacer dicha operación en la península de Yucatán es mediante la consulta directa sobre planos ejecutivos y el presupuesto de obra. Obtener la información desde estos medios conduce a posibles errores y omisiones si no se tiene la información completa. El enfoque de este trabajo ha sido lograr que la información contenida en una hoja de Revit fuese extraída y puesta a disposición de programas tales como SincoWfi, Microsoft Excel y Microsoft Project. Fue necesario adentrarse en el funcionamiento interno de la herramienta Revit para observar en qué partes de la estructura de objetos se encuentran los atributos que permiten obtener las propiedades de los diferentes elementos tales como: muros, ventanas, columnas, losas, etcétera. Así mismo, también fue necesario modificar la hoja de Revit para incluir parámetros compartidos que el software no proporciona, tales como: clave, nombre, partida, frente de obra y demás. Así mismo, también fue necesario modificar al sistema SincoWfi para agregar una tabla de información en su plantilla de base de datos para guardar la información de la liga de cada uno de los elementos por cuantificar y su relación con los conceptos de costo en un



presupuesto de obra para ese proyecto. Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto SISTPROY con financiamiento interno clave FING-09-009 denominado "Contextualización de los conocimientos y la tecnología sobre la integración del diseño y construcción en la península de Yucatán; estudios de caso". Una de las interfaces de usuario se encuentra en inglés debido a que una parte fue desarrollada por los autores en el Worcester Polytechnic Institute, Massachusetts, Estados Unidos, en Noviembre de 2009 presentándose en una clase de Cost Estimating como parte de los trabajos de la red del Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de México, a la cual los autores pertenecen.

### **MATERIALES Y MÉTODOS AUTODESK REVIT**

Autodesk Revit es una herramienta que permite realizar el modelado virtual de edificios en tres dimensiones. A partir de la versión 8.1 Autodesk, se incluyó la posibilidad de programar macros dentro del programa implementando una versión de VBA (Visual Basic for Applications). Sin embargo, no se tuvo todo el poder de manipulación del modelo en Revit hasta que la versión 2010 fue lanzada con una librería de enlace dinámico (DLL) denominada RevitAPI.dll basada en el .NET Framework.

Con la utilización de esta librería se puede acceder en tiempo de ejecución a un modelo hecho en Revit, haciendo correr un conjunto de programas realizados en Visual Studio 2008 denominados "comandos externos". Un comando externo en Revit permite lanzar una aplicación completa que tenga libre acceso a todos los objetos del modelo para poder editarlos, eliminarlos, actualizarlos y seleccionarlos. Esta tecnología motivó a los autores a construir sistemas computacionales basados en estas características que pudieran tener acceso, en primer lugar, a un modelo tridimensional en Revit, y luego a un presupuesto realizado en SincoWfi, dejando al usuario la tarea de relacionar

los elementos del modelo con los conceptos del presupuesto para obtener luego, de manera automatizada, la cuantificación y la programación de obra para cada uno de ellos y actualizar el presupuesto en SincoWfi 2003.

### **SINCOWFI**

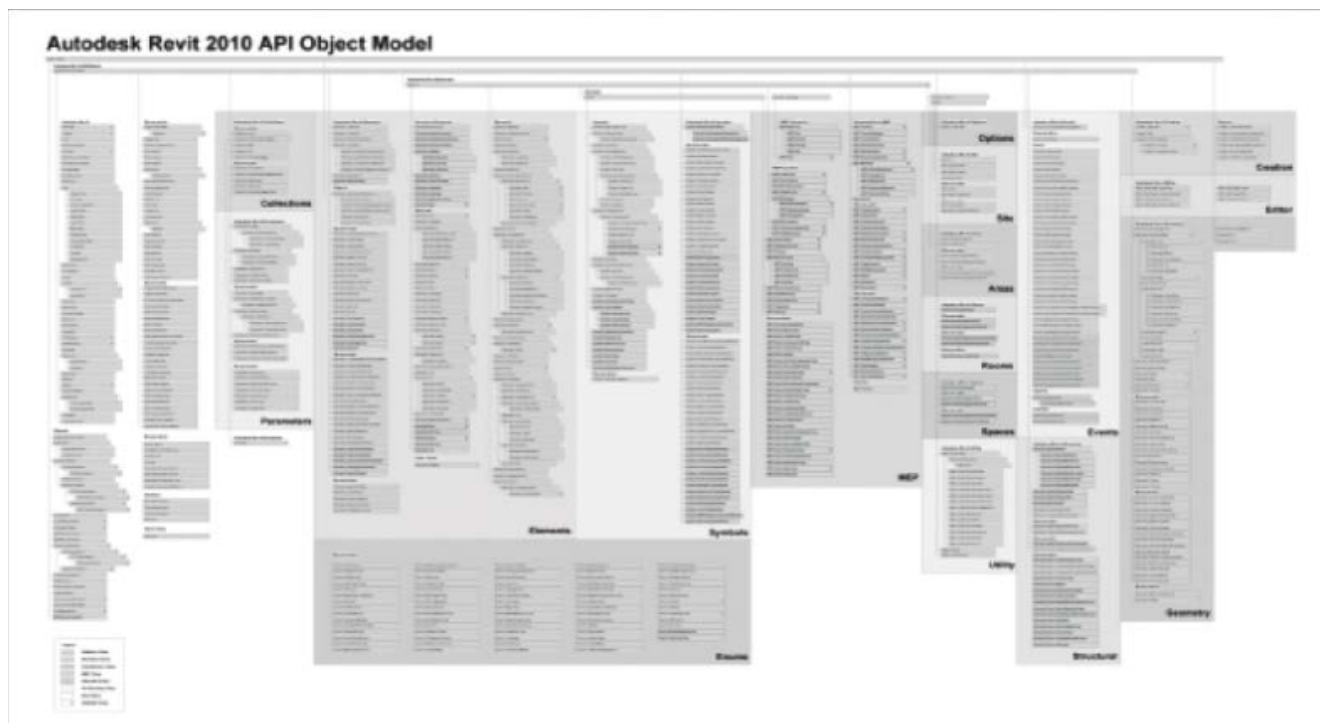
SincoWfi es una herramienta computacional para ingeniería de costos que permite obtener un presupuesto detallado en base a precios unitarios. Esta herramienta fue desarrollada en la FIUADY. Su base de datos está hecha en Microsoft Access 2003. No utiliza las relaciones, sólo las tablas. Una base de datos de SincoWfi puede contener varios presupuestos, por lo que se determinó necesario poder hacer un mecanismo para que el usuario final de este paquete pudiera seleccionar el presupuesto a cuantificar a través de la conexión con Revit.

### **MICROSOFT EXCEL**

Excel fue la primera hoja de cálculo que permite al usuario definir la apariencia de las hojas de cálculo (las fuentes, atributos de carácter y apariencia de las celdas). También introdujo la re-computación inteligente de celdas, con lo cual las celdas dependientes de otra que ha sido modificada, se actualizan al instante. Excel tiene una amplia capacidad gráfica, y permite a los usuarios realizar la combinación de correspondencia. Como está disponible en la mayoría de los ordenadores de la región, es la herramienta por defecto que los constructores y diseñadores utilizan para manipular datos tanto de presupuesto como de programación.

### **MICROSOFT PROJECT**

Project es un software de administración de proyectos diseñado, desarrollado y comercializado por Microsoft para asistir a administradores de proyectos en el desarrollo de planes, asignación de recursos a tareas, dar seguimiento al progreso, administrar presupuesto y analizar cargas de



**Figura 5.1** Especificación de clases expuestas a través de Revit 2010 API Object Model.

trabajo. Como es de relativo bajo costo, la mayoría de las constructoras y empresas de diseño lo utilizan para programar proyectos.

### OBJETIVOS Y ALCANCES

Desarrollar un paquete computacional que permita la interoperabilidad entre un paquete comercial denominado Revit para BIM con otro de ingeniería de costos denominado SincoWfi para poder realizar la cuantificación del presupuesto de construcción del modelo en el sistema de ingeniería de costos.

Los alcances que se obtuvieron fueron los de poder cuantificar todos los elementos de tipo: cuenta, longitud, área y volumen de un modelo tridimensional y poder guardar la información en SincoWfi y en Microsoft Project. También, si en el modelo tridimensional las dimensiones llegaron a

ser modificadas por el diseñador o por un cambio de especificación, esos cambios serían reflejados en el presupuesto de SincoWfi y en Microsoft Project.

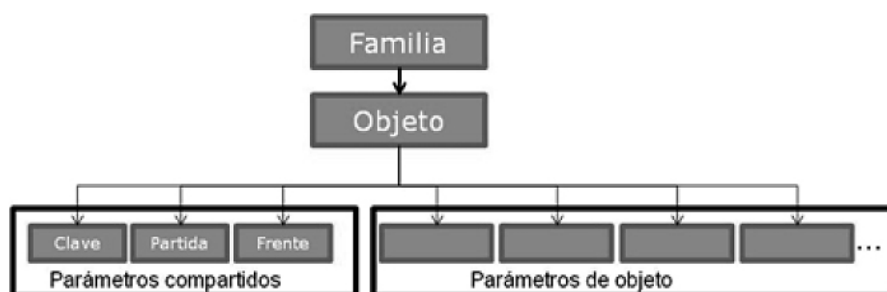
### ARQUITECTURA DE REVIT

Revit utiliza documentos tal y como lo hace Excel y Word de Microsoft; cada modelo reside en un documento. En este documento el modelo expone todos sus objetos y sus características. A través de la especificación de sus clases tal como se muestra en la figura 5. Definitivamente, el modelo de objeto de Revit es significativamente complejo ya que expone muchas clases, métodos, atributos, interfaces y eventos.

Los autores investigaron y se documentaron a fondo para entender la funcionalidad de las partes que intervienen en el modelo de un edificio virtual en Revit. Entre las partes más importantes se

BIM_1		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
OBRA	Texto	Clave de la obra
PARTIDA	Texto	Clave de la partida
CONCEPTO	Texto	Clave del concepto de precios unitarios
FRENTE	Texto	Clave del frente de la obra
UNIQUEID	Texto	Identificador único de la entidad en Revit que se relaciona con este concepto.
VOLUMEN	Número	Volumen obtenido de la entidad en Revit
AREA	Número	Area obtenida de la entidad en Revit
LONGITUD	Número	Longitud obtenido de la entidad en Revit
TIPO	Número	Tipo de cálculo realizado en esta relación (0=Cuenta, 1=Longitud, 2=Area, 3=Volumen)

**Figura 5.2** Tabla agregada a la plantilla de SincoWfi.



**Figura 5.3** Estructura de parámetros compartidos en Revit.

encuentran las Entidades que pueden ser muros, cadenas, castillos, columnas, losas, etcétera. Cada una de ellas expone los atributos para poder obtener sus propiedades geométricas tales como longitudes, áreas y volúmenes, así como información de secuencia de construcción (Fases) (Autodesk, 2009).

## MODIFICACIONES AL SINCOWFI

Para guardar la información que relaciona las entidades en Revit con los conceptos de los precios unitarios en SincoWfi; se escogió agregar una tabla a la plantilla de la base de datos de SincoWfi denominada BIM\_1, la estructuración de esta tabla se muestra en la figura 5.2.

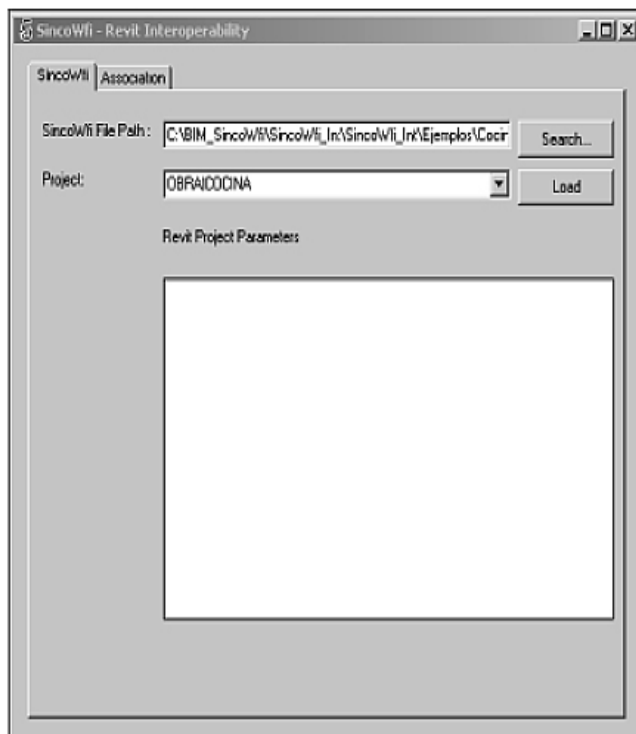
## MODIFICACIONES A REVIT

Para manipular la información que se relaciona con las entidades en Revit con los conceptos

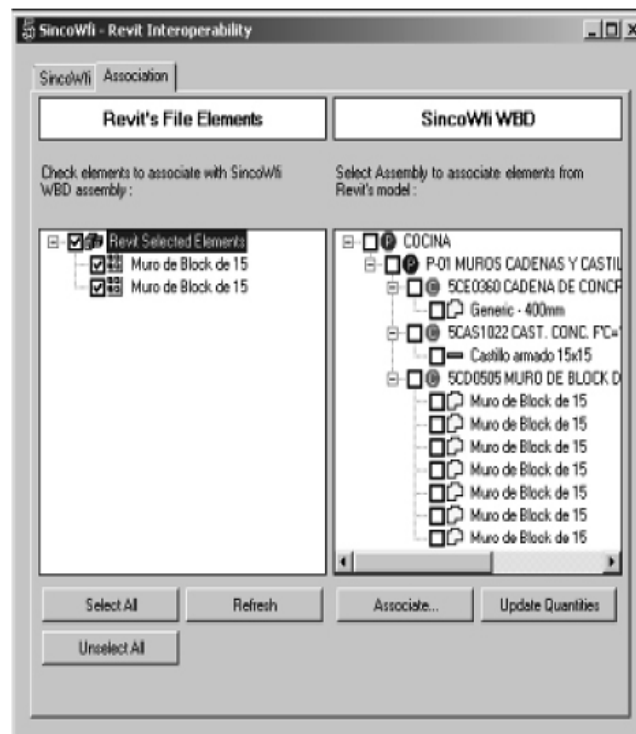
relacionados con la programación de obras; se diseñó una plantilla de parámetros compartidos más frecuentes tales como: obra, partida, concepto y frente de obra. La estructuración de estos conceptos se muestra en la figura 5.3.

## FUNCIONES DE LAS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

Básicamente, la primera herramienta computacional contempla una serie de programas (funciones) que permiten establecer un conjunto de relaciones entre un modelo virtual tridimensional en Revit con un modelo jerárquico de conceptos en un presupuesto de construcción. A través de esta relación es que se pueden obtener las cantidades de obra de cada concepto en un presupuesto de construcción ligado a su modelo de construcción virtual. La relación se muestra en la Figura 2, la cual es de tipo uno a varios, ya



**Figura 5.4** Ventana principal de la primera herramienta computacional (SincoWfi\_Int).



**Figura 5.5** Apartado de asociación entre elementos de SincoWfi y Revit.

que se puede tener un conjunto de instancias de entidades en el modelo de la edificación virtual y luego ligarlas con un solo concepto de presupuesto. Por ejemplo, se pueden tener todas las entidades de los muros en la planta de un edificio relacionadas con el concepto de "muros" en la partida de muros, cadenas y castillos de un presupuesto.

La segunda herramienta computacional contempla una serie de programas (funciones) que permiten establecer un conjunto de relaciones entre un modelo virtual tridimensional en Revit con un modelo de actividades que se van a programar. A través de esta relación es que se pueden obtener la programación de cada concepto en un presupuesto de construcción ligado a su modelo de construcción virtual. (Tamick, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

El resultado de la primera herramienta computacional es un comando externo compilado en una librería de enlace dinámico al cual se puede acceder en el menú de comandos externos de Revit. Al menú de comandos externos se accede a través del menú principal Add-Ins, luego al submenú External Tools, el cual mostrará el menú de acceso al paquete computacional. En la (figura 5.4) se muestra el menú de acceso a la herramienta. Para utilizar este paquete computacional es necesario tener cargado en Revit el modelo de algún edificio que se quiera relacionar con un presupuesto de SincoWfi del cual se quiera realizar su cuantificación. Después de accionar el comando del paquete computacional aparece una ventana que permite realizar las distintas tareas necesarias para obtener la cuantificación del modelo en SincoWfi (figura 5.5).

Este paquete computacional se divide en dos partes, a la primera se puede acceder a través de la pestaña que dice SincoWfi. En esta parte se define la base de datos con extensión 5WF donde se encuentra el presupuesto realizado en SincoWfi. Se puede utilizar el botón que dice "Search..." para lanzar un buscador. También se tiene que escoger el proyecto que se desea cuantificar, ya que las bases de datos de SincoWfi pueden contener más de un proyecto en la misma base de datos. Al finalizar la selección del proyecto se tiene que presionar el botón que dice "Load" para cargar la información de la estructura de desglose de los trabajos del presupuesto de SincoWfi. La segunda parte se muestra en la figura 5.6. Esta parte permite realizar la asociación entre los elementos de Revit y de SincoWfi. En la parte izquierda de la ventana se

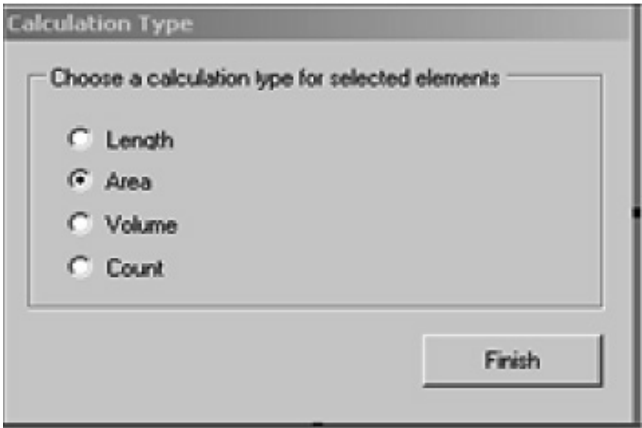


Figura 5.6 Ventana de tipo de asociación entre elementos de Revit y de SincoWfi.

tienen todos los elementos actualmente marcados como seleccionados en el modelo de Revit. Abajo se tiene un botón que permite seleccionar todos los elementos que aparecen en la ventana de elementos de Revit, etiquetado con "Select All".

También se tiene un botón que permite desmarcar la selección de elementos de Revit etiquetado con "Unselect All". Por último se tiene un botón que permite actualizar la selección de los elementos en el modelo de Revit etiquetado como "Refresh".

En la parte derecha se tiene la estructura de desglose de los conceptos de obra del presupuesto de SincoWfi. Esta ventana muestra todos los componentes del presupuesto de SincoWfi estructurado de manera jerárquica con partidas, frentes y conceptos de obra. También se muestra debajo de cada concepto algún elemento de Revit que previamente se hubiera asociado. En la parte de abajo de esta ventana se tiene un botón que permite realizar la asociación entre un concepto de SincoWfi seleccionado y uno o varios elementos de Revit de la parte izquierda. Al hacer click en el botón etiquetado con "Associate..." el paquete computacional muestra una ventana como la de la figura 5.7 que pregunta el tipo de asociación que se quiere crear entre el conjunto de elementos de Revit previamente seleccionados y el concepto de SincoWfi seleccionado. El tipo de asociación puede escogerse entre: (longitud, área, volumen y cuenta); esto permite saber que dato se tomará de cada uno de los elementos seleccionados del modelo de Revit para la cuantificación.

#	UNIQUE ID	NOMBRE	FASE CREA	PARTIDA	CLAVE	FRENTE
1	67690	Muro de BI Phase 1	Albaniler	50027	0001	
2	67708	Muro de BI Phase 1	Albaniler	50027	0001	
3	67761	Muro de BI Phase 1	Albaniler	50027	0001	
4	67831	Concrete-C Phase 1	Albañiler	50013	001	
5	68396	Cadena de Phase 1	Albaniler	50550	0001	
6	68409	Cadena de Phase 1	Albaniler	50550	0001	
7	68450	Cadena de Phase 1	Albaniler	50550	0001	
8	68465	Cadena de Phase 1	Albaniler	50550	0001	
9	68632	Cimiento- Phase 1	Albaniler	50023	0001	
10	68669	Cimiento- Phase 1	Albaniler	50023	0001	
11	68691	Cimiento- Phase 1	Albaniler	50023	0001	
12	69190	0610 x 107 Phase 1	Albañiler	50145	0001	
13	69317	3080 x 107 Phase 1	Albañiler	50145	0001	
14	69755	0610 x 107 Phase 1	Albañiler	50145	0001	
15	70662	1500 x 217 Phase 1	Albañiler	50147	0001	
16	70757	Model Line Phase 1				

Figura 5.7 Ventana principal de la segunda herramienta (Centauri alfa)



	A	B	C	D	E	F	G	H
		UNIQUE ID	NOMBRE	FASE CREADA	PARTIDA	CLAVE	FRENTE	
2	9	68632	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
3	10	68669	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
4	11	68691	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
5	33	79069	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
6	34	78739	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50550	1	
7	35	79080	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
8	36	80197	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
9	37	80406	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
10	40	81734	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
11	41	81824	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
12	42	81897	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
13	43	81990	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
14	44	82059	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
15	45	82186	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
16	46	82241	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
17	5	68396	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
18	6	68409	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
19	7	68450	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
20	8	68465	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
21	38	80447	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
22	4	67831	Concrete-Commercial 362mm	04 Pisos	Albanileria	50013	1	
23	1	67690	Muro de Block de 15	05 Muros Nivel1	Albanileria	50027	1	

Figura 5.8 Apartado de integración Excel y Revit.

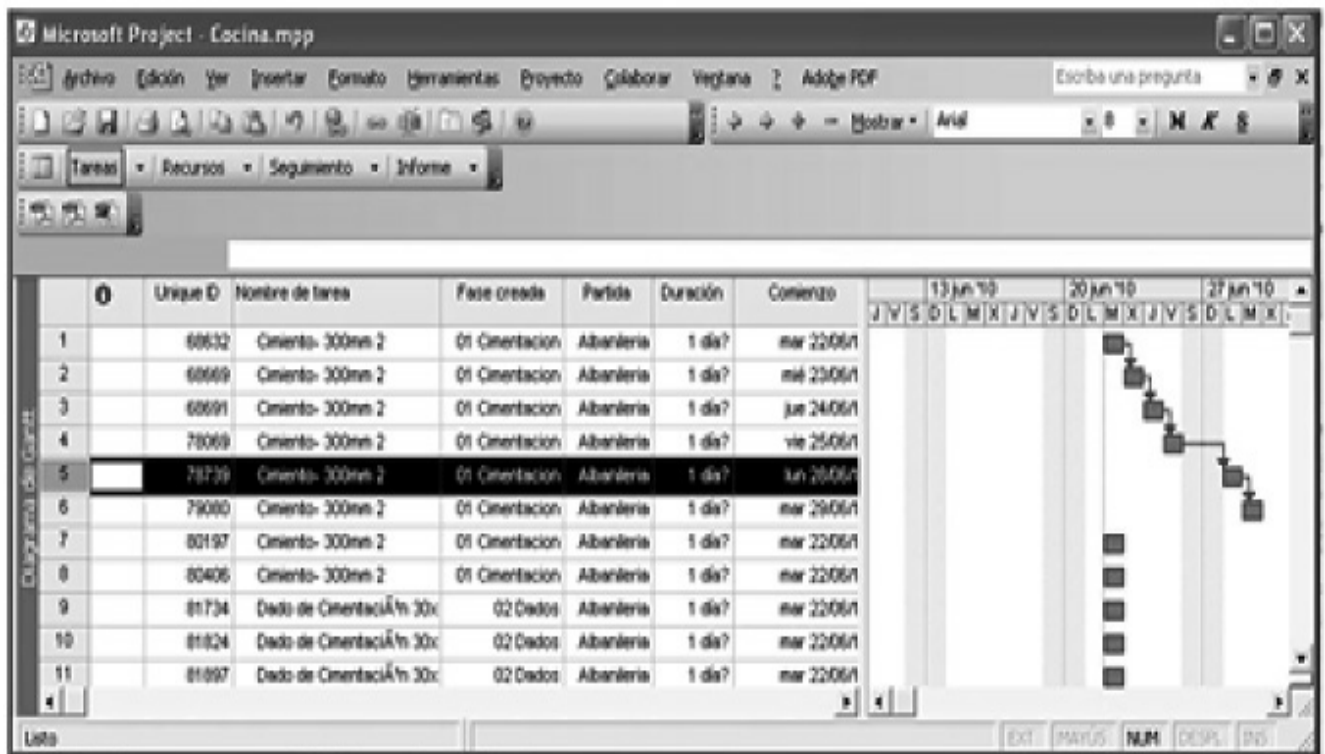


Figura 5.9 Ventana de vinculación Revit- MS Project.



Ruta del Archivo Revit.ini C:\Program Files\Autodesk Revit Architecture 2010\Program
[ExternalCommands]
ECCount = 2
ECName1 = SincoWfi  SincoWfi Interoperability
ECDescription1 = SincoWfi Interoperability
ECClassName1 = SincoWfi_Int.SincoWfi_RevInt
ECAssembly1 = C:\Archivos de Programa\SincoWfi_Int\SincoWfi_Int.dll
ECName2 = Centauri Grid Control
ECDescription2 = Excel Project Interoperability
ECClassName2 = Centauri_RevInt
ECAssembly2 = C:\Archivos de Programa\Centauri\Centauri_Int.dll

**Figura 5.10** Modificaciones al archivo Revit.Ini.

Una vez escogido el tipo de asociación, el paquete computacional guarda la información del modelo de Revit en SincoWfi en la tabla BIM\_1 descrita anteriormente. La vista se actualiza mostrando los elementos asociados al presupuesto de SincoWfi del lado derecho.

Finalmente se tiene un botón que permite realizar la actualización de cantidades de obra desde el modelo de Revit a SincoWfi. Esta opción se utiliza cuando una vez realizadas las asociaciones entre los dos archivos a través de esta herramienta, las dimensiones de algún elemento relacionado del modelo en Revit cambian o simplemente algún elemento se elimina. El botón para realizar esta operación está etiquetado como "Update Quantities"

La segunda herramienta computacional es un comando externo compilado en una librería de enlace dinámico al cual se puede acceder en el menú de comandos externos de Revit. Al menú de comandos externos se accede a través del menú principal Add-Ins luego al submenú External Tools el cual mostrará el menú de acceso al paquete computacional. En la figura 5.7 se muestra el menú de acceso a la herramienta.

Después de accionar el comando del paquete computacional aparece una ventana que permite realizar las distintas tareas necesarias para obtener la estructura de programación de obra (figura 5.8). Este paquete computacional utiliza dos botones por el momento. El primer botón guarda la información extraída en el disco. Dicha información se encuentra guardada como un archivo delimitado por comas. Se escogió dicho formato para hacerlo portable entre aplicaciones.

Dicho archivo se encuentra escrito en ANSI estándar, por lo que no tiene los caracteres extendidos. Dicha limitante se pretende soslayar en versiones futuras del software.

El segundo botón llama a la aplicación Excel mediante comandos escritos y compilados en .NET, el cual viene incluido en el CodeGear RAD Studio. Dichas librerías fueron escritas en Delphi para .NET. En Excel se puede manipular la información para que quede acorde con la programación de obra. Una vez hecho esto se puede guardar la información para luego llamar a Project. En la figura 5.9 se muestra la pantalla de Excel con los datos obtenidos de la hoja de Revit.

Una vez que se han manipulado, corregido y ordenado por fase, los datos en Excel son exportados a Project.

El usuario es libre de escoger las columnas que más le convengan para la planificación de tareas. Una vez vaciados los datos del usuario en Excel, se guardan y se anexan a la hoja de programación de tareas. En la figura 5.10 se muestran los resultados de la operación descrita anteriormente. El usuario queda en libertad de agrupar, proporcionar duraciones y dependencias entre los elementos gráficos y tareas que se tienen.

### REQUERIMIENTOS

Para poder trabajar con las herramientas computacionales se necesita tener instalado en el sistema el Autodesk Revit® 2010 con las modificaciones a su plantilla, el SincoWfi en su última versión que incluye las modificaciones a su plantilla, Microsoft Excel y Microsoft Project.

Es necesario contar con una versión instalada y actualizada del .NET Framework ya que estas herramientas fueron desarrolladas en Visual Studio 2008 (Visual Studio, 2007) y CodeGear RAD Studio 2007. También se necesita actualizar el archivo Revit.Ini agregando una referencia a la librería de enlace dinámico DLL denominada SincoWfi\_Int.dll. La modificación se muestra en la tabla 1.

### HARDWARE RECOMENDADO

Debido a que se trata de software de modelado es recomendable utilizar una computadora de tipo Workstation con procesador de doble núcleo. La memoria RAM se recomienda que no sea menor a 4 Gb. Es necesario contar con ratón y pantalla de resolución superior a 1024 x 768 pixeles.

### CONCLUSIONES

Las herramientas computacionales desarrolladas permiten hacer una conexión importante entre tres sistemas muy utilizados en las empresas dedicadas al diseño de construcción en la península de Yucatán en México. La principal meta de este trabajo es explorar las posibilidades de mejora tecnológica de los procesos asociados con la cuantificación de los proyectos de construcción modelados utilizando la tecnología de modelado integral de proyectos (o BIM, Building Information Modeling). Se recomienda su utilización en asignaturas relacionadas con la ingeniería de costos y el diseño para consolidar la relación de las partes de ingeniería y diseño con las de estimación de costos y planeación de obra.

### REFERENCIAS

Autodesk Revit 2010, "Manual del Usuario", Autodesk, USA, 2009.

Eastman, Ch. Teicholz, P., Sacks R., Liston, K., "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors", Wiley, USA, 2008.

SincoWfi, "Manual Técnico y de Usuario", Paquete computacional Inédito FIUADY, 2003.

Tammik, J., "Introduction to Revit Programming", Autodesk technical support, USA, 2009

Visual Studio 2008, "User's Manual", Microsoft, USA, 2007.





**Arq. Tomás Sosa Pedroza**

Universidad de Autónoma Metropolitana, México  
tesp@correo.azc.uam.mx

**Dra. Aurora Minna Poó Rubio**

Universidad de Autónoma Metropolitana, México  
pram@correo.azc.uam.mx - dra.aurora.poo@gmail.com

06

---

LA INTEGRACIÓN DIGITAL DE LA INFORMACIÓN,  
DEL PROYECTO EJECUTIVO A LA CONSTRUCCIÓN  
DE LA OBRA

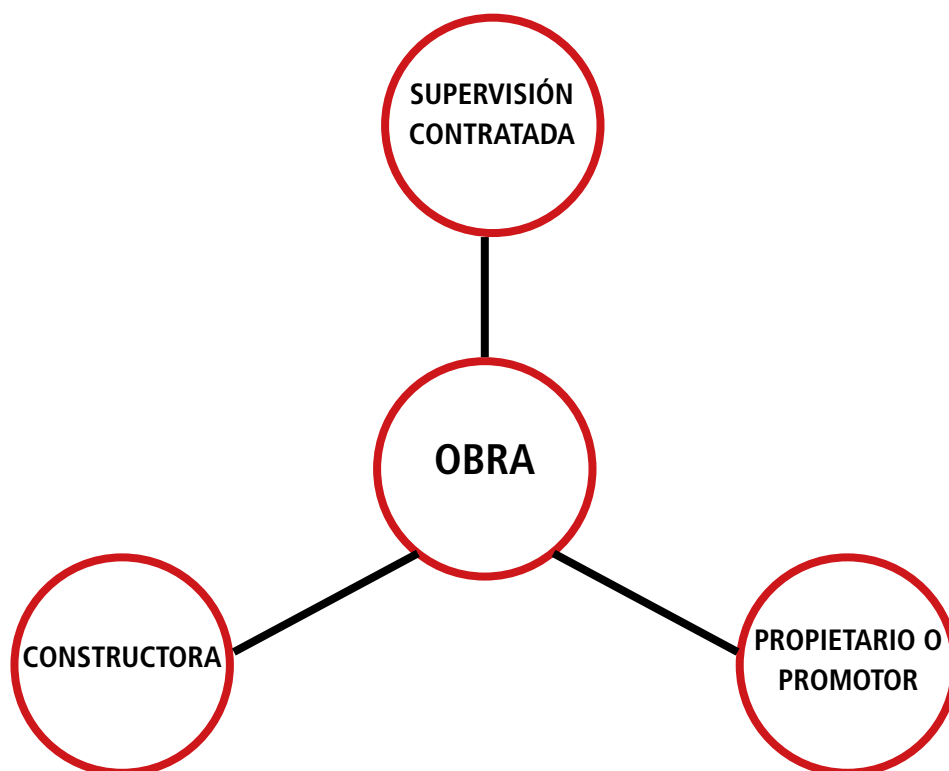


## **LA APLICACIÓN DE BIM EN LA OBRA, UNA NECESIDAD NO RESUELTA EN LA PRAXIS ARQUITECTÓNICA CONTEMPORÁNEA INTRODUCCIÓN**

La herramienta administrativa de construcción llamada Building Information Modeling (BIM por sus siglas en inglés) es un método de vanguardia que facilita el control administrativo de la edificación arquitectónica en su etapa de construcción, y que a pesar de los esfuerzos que se realizan en el entorno profesional mexicano de la ingeniería y arquitectura, en la actualidad ha penetrado de forma muy somera en el entorno constructivo nacional. Derivado del desconocimiento por parte de los constructores sobre los aportes de esta nueva herramienta y derivado de la normatividad vigente que impone muchos candados para su aplicación, el concepto BIM es todavía una aplicación poco explotada.

El acercamiento directo a la obra de esta nueva herramienta digital de planeación y de control, daría una administración más eficiente y por consecuencia resultados finales de tiempo, calidad y costo mas apegados a las metas iniciales establecidas en el proyecto ejecutivo y a los objetivos financieros del usuario promotor de la obra. Una fórmula de acercamiento de la herramienta B. I. M. a la administración de la obra podría ser la reestructuración de los vigentes organigramas de ejecución, modificando tanto organización interna como las responsabilidades técnicas y administrativas de cada uno de sus integrantes.





**Figura 6.1** Esquema de trabajo.

A pesar de que en el entorno mexicano del diseño y la construcción la mayoría de las empresas se ocupan de aprovechar métodos de vanguardia en sus procesos, tanto tecnológicos como administrativos, a la fecha el concepto B.I.M. apenas está en etapas incipientes de aplicación, y es por eso que es nuestra intención para esta ponencia es hacer una exploración de este nuevo concepto administrativo para el control de la praxis arquitectónica y en específico en el control de la ejecución en obra del proyecto planeado.

Debido a que la etapa que consume el mayor porcentaje de los recursos financieros totales que el cliente destina para su proyecto es la construcción, llegando a ser por promedio de 80% a 85% para la construcción y contrastando el restante con el destinado para el diseño y documentación legal que llega a ser entre 10 a 12%, el manejo administrativo eficiente se convierte en una necesidad imperante, pero que en las prácticas actuales es mas bien lo contrario.

Al día de hoy en la práctica constructiva mexicana se encuentra un desfase bastante notorio entre las aplicaciones administrativas utilizadas con métodos tradicionales fundamentados en documentos escritos, con los métodos actuales fundamentados en las nuevas tecnologías digitales. Las empresas constructoras aplican en la actualidad métodos administrativos que convierten al control de la obra en rutinas lentas, poco claras y escasamente eficientes lo que repercute en resultados de obra finales con variantes peligrosas en relación a lo presupuestado.

Al aplicarse nuevos métodos administrativos fundamentados en programas digitales de planeación y de control se lograrían resultados finales de obra con menores márgenes de error, más expeditos en su divulgación y más apegados al presupuesto original. A través del Modelado de Integración de la Información (BIM) en su empleo como herramienta administrativa y de

control se pretende concentrar con un lenguaje digital común la información resultante de todos los componentes de los que consta el proyecto ejecutivo, y que en las inercias actuales de trabajo de las obras se representan generalmente en papel. Al convertir la información concentrada en el proyecto ejecutivo a un lenguaje digital, su interpretación y confrontación entre sí se convierte en una herramienta mas expedita y de mayor precisión, y además se convierte en un instrumento mas manejable por las partes involucradas en la construcción de la obra como son el constructor, el promotor y el supervisor.

En este mismo sentido, es importante resaltar lo ya mencionado, de que en razón de la cantidad de recursos por administrar durante el desarrollo de la obra, tanto materiales como humanos pero sobre todo financieros, es obligado imponer condicionantes de orden, de claridad, de honestidad y legalidad que solo mediante procesos acordados previamente por todos los involucrados es posible lograrlos. Solamente con una estructura organizacional bien definida y prestablecida, se puede garantizar esta claridad en el manejo de los recursos financieros aportados por el promotor de la obra, en donde los diferentes actores ejecuten sus roles especificados con antelación de forma específica y eficiente.

Esta intención se busca a través de una estructura organizacional de obra de aplicación muy común por las empresas de nuestro país, tanto para obra pública o privada que demandan condicionantes de ejecución y de control muy estrictas generadas, por su naturaleza financiera básicamente:

- Normatividad incidente mas abundante.
- Cantidad de obra a ejecutar es de mayor volumen.
- Métodos de control mucho mas estrictos.
- Transparencia mas exigida en el manejo de los bienes.

**Cliente:** El llamado cliente mantiene un representante legal en el sitio físico de la obra, el cual debe de tener la capacidad técnica y administrativa como para fungir como coordinador general de todos los involucrados en la misma, ya sean internos o externos, como pueden ser la constructora, la empresa supervisora, el D. R. O., autoridades varias, etc.

**Supervisión contratada:** Normalmente se contratan empresas especializadas en supervisar técnica y administrativamente las obras, y tienen como función la de fiscalizar la calidad, el tiempo y los costos de los trabajos que la constructora realiza.

**Constructora:** Es la empresa particular que se contrata para ejecutar debidamente todos los trabajos de la obra con la responsabilidad de hacerlo en el tiempo, la forma y la calidad establecida en el proyecto ejecutivo.

En un esquema de trabajo así, en donde intervienen diferentes actores y diferentes estructuras organizacionales del tipo públicas o privadas, los mecanismos de comunicación entre todas las partes se vuelven igualmente complejos y en muchas ocasiones ineficientes, debido a que actualmente las obras se siguen ejecutando con los tradicionales procedimientos administrativos de planeación y control a través de las llamadas "islas de información".

Un factor adicional a la problemática de comunicación que es lenta e ineficiente, es la normatividad planteada en diferentes instrumentos legales mexicanos que rigen a la praxis arquitectónica, como son leyes, normas y reglamentos. Igualmente en ellos se exigen condicionantes que solo son aplicables a través de los tradicionales procedimientos que norman al proyecto ejecutivo en su representación gráfica plasmada en planos y textos y en sus métodos de comunicación oficial como es la bitácora de obra.

Todas estas circunstancias normativas y de actuación histórica en las formas de construir la edificación arquitectónica mexicana repercuten de manera directa en la estructura organizacional destinada para ejecutar la obra, misma que no se ha modificada substancialmente a través de los años, a pesar de que en las nuevos métodos de diseño y representación gráfica de la arquitectura se han actualizado substancialmente con la aplicación de nuevas tecnologías digitales.

### **EL ORGANIGRAMA DE UNA EMPRESA CONSTRUCTORA PARA SUS OBRAS**

En nuestro país las empresas que ofertan sus servicios de construcción a un usuario o a un cliente determinado, en lo común ejecutan los trabajos de edificación a través de estructuras organizacionales específicas para cada obra, con el fin de cumplir de forma eficiente con las condiciones impuestas en el contrato pactado con el futuro usuario. La separación acotada de las funciones administrativas, entre oficina matriz y la oficina de campo, permite diferenciar con mayor facilidad las funciones de cada uno de los que integran la plantilla de ejecución y clarificar los resultados administrativos de cada obra.

Con una estructura organizacional como esta, aplicada como herramienta administrativa, las empresas pueden destinar de manera más precisa y en el tiempo justo los recursos; humanos, materiales y financieros que son necesarios para la ejecución de los trabajos. Igualmente, las empresas con la separación de funciones entre oficina matriz y oficina de campo se facilitan la consecución de los objetivos de tiempo, calidad y costo establecidos en el proyecto ejecutivo, pero sobre todo los estimados económicos previstos en el pro-forma de la obra.

En términos de generalidad en la construcción mexicana la estructura organizacional de las obras se define en un organigrama del tipo piramidal en donde las funciones y responsabilidades tanto

técnicas como administrativas se establecen, entre otros, por el principio de responsabilidad escalar y compartida que significa que el subordinado tiene autoridad absoluta ante su superior, y el superior es responsable de las actividades del subordinado.

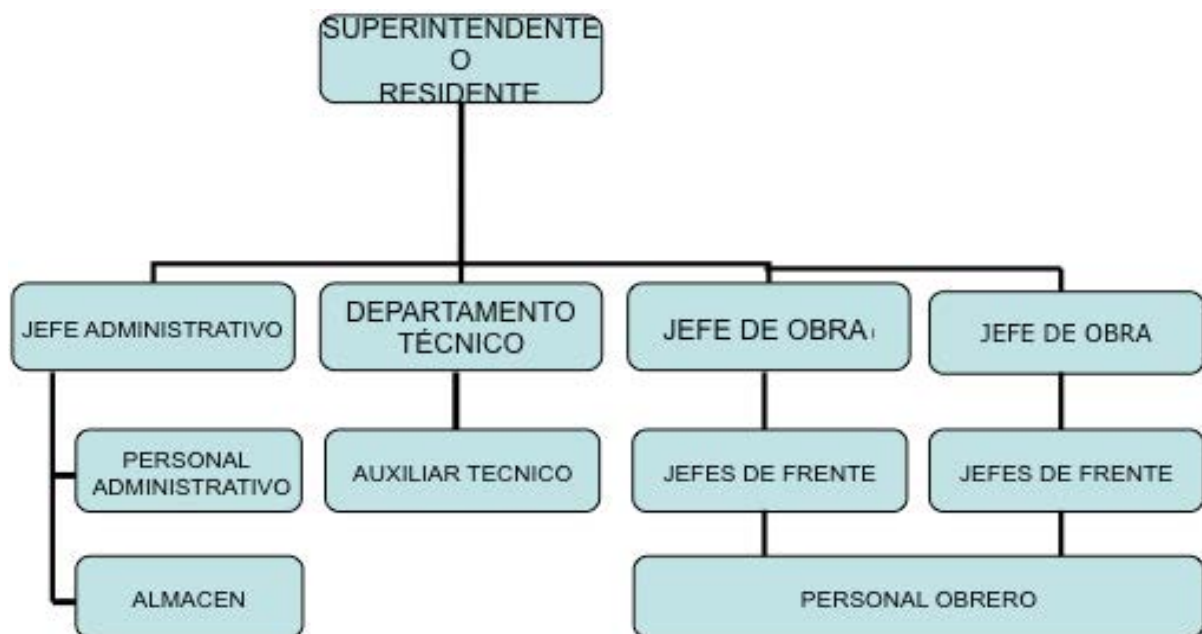
Otros principios que son básicos en esta estructura organizacional, definidas por el organigrama piramidal son[1]:

- Principio de la unidad de objetivo: Cada elemento de la organización debe de ayudar a que los esfuerzos individuales contribuyan al logro de los objetivos grupales.
- Principio de eficiencia: los objetivos de la empresa se obtendrán con el mínimo de costos.
- Principio de amplitud de mando: El número de subordinados depende de la habilidad, conocimientos y experiencias del administrador.
- Principio de delegación: A cada administrador se le debe delegar autoridad suficiente para obtener los resultados esperados.
- Principio de limitación de autoridad: Entre más claras sean las líneas de autoridad, mas efectivo será el proceso de toma de decisiones de la empresa.

Aplicando el principio de responsabilidad escalar y compartida en las obras las empresas logran mejores resultados al final, porque es una herramienta administrativa mucho más eficiente porque al delegar con mayor precisión las responsabilidades, funciones y jerarquías para cada integrante del organigrama. Como se puede entender las responsabilidades atribuidas a cada uno de los miembros integrantes del organigrama son extremadamente altas y que solo mediante una adecuada capacitación puede ser cumplida eficazmente.

---

1 - Administración de empresas constructoras, Suarez Salazar, Editorial Limusa México.



**Figura 6.2** Organigrama típico aplicado por la empresa ICA S. para sus obras

Un organigrama típico de obra aplicado por las empresas constructoras podría ser el siguiente (ver figura 6.2).

Toda esta estructura funge como administradora de los recursos teniendo como principal obligación lograr los objetivos de la obra a través de dos vertientes básicas basadas en la eficiencia y en la eficacia, entendiéndose por eficiencia según el autor Sergio Hernández como "el uso adecuado de los recursos disponibles para lograr los resultados designados" y por eficacia como "el logro real en comparación a los resultados planeados."

Es condición imperativa en este tipo de organismos de obra que cada integrante tenga un perfil profesional muy enfocado a sus actividades por ejecutar y que para el caso de las acciones del tipo técnico deben ser de las licenciaturas de la arquitectura o de las diferentes ramas de la ingeniería y para el caso de controles netamente

administrativos deben ser de las licenciaturas de las ciencias de la administración.

Independientemente de las actividades de producción y de índole técnico que son propias de todos los integrantes de este tipo de estructura organizacional, también le son asignadas funciones administrativas de control y de seguimiento que son fundamentales en la consecución de los objetivos de las obras. La designación en porcentaje de tiempo de las diferentes funciones de producción y de actividades de control que cada integrante tiene que ejecutar durante un día de labores, pueden ser los concentrados en la siguiente tabla:

En este ejemplo de organigrama a la autoridad máxima de la obra se le ubica en el extremo alto y se le define como "residente de obra" y en la estructura ICA se le conoce como "superintendente", y de ahí hacia abajo se derivan diferentes "pisos" de jerarquía y de funciones que son adecuadas a

MODELO ROLES PRINCIPALES	ACTIVIDADES TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN	ACTIVIDADES DE ADMINISTRACIÓN EN LA PRODUCCIÓN
SUPERINDETENDENTE O RESIDENTE DE OBRA	20 %	80 %
JEFE DE OBRA	50 %	50 %
JEFE DE FRENTE	80 %	20 %
DEPARTAMENTO TÉCNICO	0 %	100%

**Figura 6.3** Cuadro de Funciones.

las características de la obra, especificadas en el proyecto ejecutivo. El número de integrantes del organigrama es variable y su estructuración es dependiente de diferentes factores: el tamaño de la obra, la normatividad vigente en el entorno urbano donde se desarrolla, el tipo de contratación que la rige, si es de utilidad pública o de fines privados, etc. de tal manera que podrá aumentar o disminuir el número de casillas en cada nivel jerárquico pero no aumentar o disminuir el número de "pisos" ni sus ligas de mando.

El residente (o superintendente en la estructura organizacional de la empresa ICA) al ser el responsable final de todas las actividades de la obra requiere de muchas habilidades conocimientos y experiencia, independientemente de que debe de poseer un espíritu de quehacer en equipo y de previsión además de una alta capacidad de trabajo.

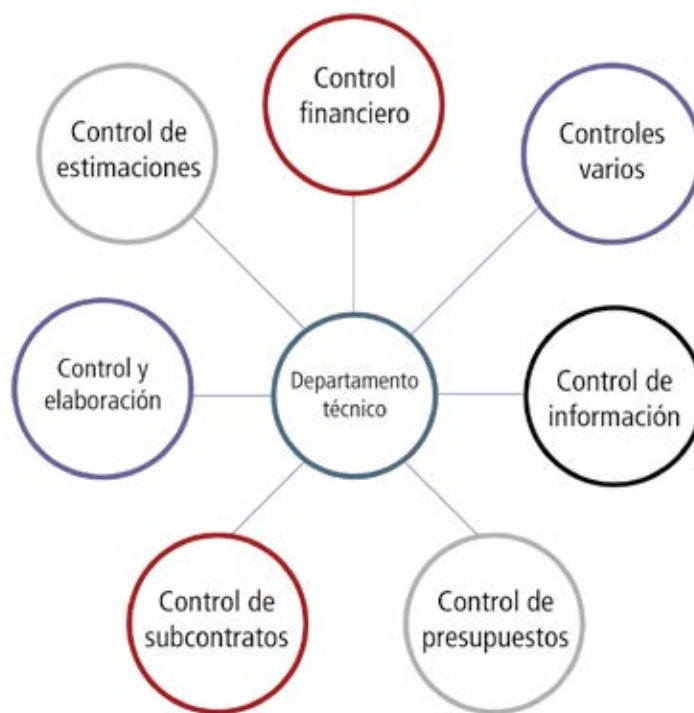
Intentando definir el perfil del puesto de residente mediante una definición, podemos plantearla de la siguiente manera:

*"Residente de obra es el profesionista con conocimientos de diseño y de ingeniería que ejecuta al pie del lugar del trabajo, el proceso construcción de una obra arquitectónica, ya sea de edificación o de urbanización y que a través de los métodos de las ciencias de la administración, planea, organiza, ejecuta, controla, supervisa y liquida todas las etapas de las que ésta consta [4]."*

Sin embargo, y sin soslayar la importante labor del superintendente en la consecución de los objetivos comunes de la obra y de los demás departamentos del organigrama, es importante para la exposición

---

4 - ALEJANDRO CERVANTES. RESIDENCIA DE OBRAS I.EDIT. PROCESOS. MÉXICO 1991.



**Figura 6.4**

de esta ponencia subrayar la importancia que tiene el llamado departamento técnico dentro de las actividades administrativas de la misma. Según se aprecia en el organigrama el departamento técnico se encuentra ubicado en el segundo nivel de jerarquías, junto a las instancias ejecutoras de la obra como son los llamados jefes de obra. Esta posición de segundo nivel otorga al Dpto. poder de decisión en ciertos ámbitos y procesos de la ejecución obra particularmente en los aspectos financieros de la obra.

Como se aprecia en el cuadro de funciones por jurisdicción, el llamado Departamento Técnico es el que tiene mayor injerencia en las actividades de control y planeación de la productividad, con escasas funciones productivas y reducido contacto con el personal obrero. Sus ocupaciones fundamentales son las de controlar y documentar debidamente los aspectos financieros de ejecución, pago y cobro

de la obra a través de instrumentos y métodos administrativos preestablecidos. Documentos como son el presupuesto, el contrato general, los subcontratos, las especificaciones, precios unitarios, el proforma, etc., y procedimientos como captar y difundir adecuadamente la información generada por las incidencias de la obra documentadas en la bitácora, documentar y tramitar debidamente las estimaciones para cobro, conciliar números con el cliente.

Igualmente en el segundo "piso" del organigrama, se observa la posición de los llamados jefes de obra que son las instancias encargadas de ejecutar directamente con los obreros las instrucciones de obra establecidas en el proyecto ejecutivo. Sus funciones fundamentales de trabajo tienen relevancia en dos aspectos cotidianos de la obra como son el aspecto técnico de ejecución y las relevantes funciones de control de la obra ejecutada.



Por último, en la exploración de este segundo nivel, se encuentra la instancia de jefatura administrativa que tiene como función la de hacer un riguroso control de los materiales y del personal integrante de la plantilla de la obra, sus actividades se limitan a control administrativo sin ingerencia alguna en actividades de producción.

En los últimos niveles del organigrama se encuentran las instancias encargadas de la construcción de la obra directamente, como jefes de frente, auxiliares técnicos, almacén, el personal obrero, etc., y que para efectos de esta ponencia es irrelevante el análisis de sus funciones.

Todo el personal técnico y administrativo ubicado en esta estructura organizacional para la ejecución de la obra, y que sin importar sus funciones dentro de ella, rige su trabajo a través de un documento que concentra con precisión todos los componentes del proyecto por ejecutar, definido como el proyecto ejecutivo. El proyecto ejecutivo es el escrito que concentra la información técnica y legal obligada en todas las obras para la ejecución de la edificación proyectada, que se manifiesta en todas sus partes de forma precisa, sintética, suficiente y acorde a la legislación vigente, y cuyo objetivo es ser el instrumento rector para la ejecución del objeto diseñado.

En nuestra precisión podemos definir al proyecto ejecutivo como:

El proyecto ejecutivo es el instrumento rector de la obra arquitectónica en su etapa de construcción, que contiene la información del tipo técnico, de orden, administrativa y normativa, proporcionada de forma veraz, clara, completa y oficializada, cuyo objetivo fundamental es suministrar las instrucciones necesarias y suficientes para ejecutar con exactitud y en todas sus partes la idea original del diseño.

A través de variados formatos de representación, el proyecto ejecutivo guía paso a paso al constructor de la obra en los diferentes procesos técnicos por ejecutar, en el tiempo establecido en el contrato para llevarla a cabo y con la calidad requerida por el diseñador.

Los formatos de representación pueden ser:

- Texto.- Memorias, contratos, especificaciones, licencias.
- Virtuales.- En 2D y 3D.
- Gráficos.- Planos estructurales, arquitectónicos, instalaciones, etc.
- Objetos tridimensionales.- Maquetas.

El contenido del proyecto ejecutivo para cumplir con la responsabilidad de ser el instrumento rector de la construcción debe contener información veraz, completa, clara y apegada a las disposiciones oficiales vigentes en la zona, misma que debe de ser confrontada y autorizada antes de la ejecución por los actores que participan en la edificación como son el promotor, el director de la obra y el constructor, para que posteriormente pueda ser ubicado formalmente dentro del espacio donde se va a ejecutar la edificación.

Posterior a su formalización conforme a las regulaciones mexicanas el proyecto ejecutivo tiene que ser ubicado dentro de la obra para su manejo por todas las instancias que van a participar como son la supervisión, el constructor y el cliente o usuario a través de un director nombrado por él, ubicación que igualmente tiene un protocolo legal asentado en la bitácora.

En la actualidad las normas oficiales que rigen al proyecto ejecutivo en todas sus partes imponen que sea a través de documentos escritos como son las memorias técnicas, gráficos como los planos técnicos, o el cuaderno de bitácora, etc., impresos en papel y debidamente legalizados con las firmas autógrafas de todas las instancias involucradas; cliente, constructora y el director de obra.

Con tales imposiciones la legislación deja a un lado los nuevos métodos aplicados al proceso de diseño y representación gráfica como son los programas digitales especializados para dibujo técnico, diseño estructural, programación, cuantificación de obra y muchos etcéteras más. Así en estas condiciones las obras en producción se siguen ejecutando con los procedimientos tradicionales de planeación y control, con documentación escrita "a mano" lo que origina "islas de información" no vinculadas entre sí originando que la información se vuelva sumamente lenta, imprecisa y poco divulgable.

### **AMBIENTES DIGITALES PARA LA ARQUITECTURA. PANORAMA HISTÓRICO**

Las prácticas iniciales en la arquitectura digital se originan en los años 60. Algunos de los ensayos teóricos en el área fueron en los inicios de los 90, entre los autores destaca Marco Novak con su ensayo sobre "Arquitectura Líquida" y otros escritos. A partir de entonces se generó una corriente dinámica entre los arquitectos que deseaban experimentar las posibilidades de los medios digitales. A partir de los años ochenta, la mayor parte de las oficinas internacionales de arquitectura no basaban su trabajo en la computadora, si bien su uso sistemático data de entonces, la computadora era útil como herramienta para proyectos convencionales con un lenguaje arquitectónico establecido. En sus inicios, el dibujo en 2 dimensiones fue utilizado para la representación de plantas, cortes y fachadas y ayudó a simplificar el trabajo con el manejo de capas que se podían superponer como hojas de papel (layers), con la ventaja de hacerlo de manera simultánea.

El empleo de la computadora en un ámbito virtual en el cual se creaba un proyecto arquitectónico de estas características, se limitaba a ser una herramienta de representación, es decir, únicamente de dibujo, y la parte creativa proyectual generalmente se daba de manera independiente; el resultado era un conjunto de planos que contenían las plantas,

cortes, fachadas, perspectivas axonométricas, etc. lo indispensable requerido en cada proyecto en el aspecto de diseño. Las plantas podían dibujarse en varias capas (layers) con o sin mobiliario, con o sin acabados, etc. Sin embargo cada plano era autónomo, tanto en los cortes como en las fachadas el dibujo era independiente; el manejo de la computadora generalmente lo hacía un arquitecto-estudiante-capturista y lo revisaba y aprobaba el proyectista. La computadora vino a automatizar tareas de dibujo tediosas y repetitivas y ayudó a disminuir errores, incrementar la eficiencia y a facilitar el almacenaje de datos como modificaciones al proyecto que se efectúan de manera constante. Los cambios quedaban guardados y los archivos podían ser accedidos en diferentes unidades de cómputo, enviados vía correo electrónico al equipo de trabajo extendido, contratistas, proveedores y aún a clientes, etc., el ploteo de planos podía ser efectuado en lugar distinto a la oficina que les dio origen, entre otros aspectos.

Sin embargo, el ambiente digital estaba fraccionado en islas de tecnología. Por un lado en la computadora no se podía diseñar ni experimentar, el diseño se hacía de manera paralela; para la realización de los planos del proyecto se contaba fundamentalmente con programas 2D[5]. El problema de este sistema de trabajo consiste en que la interrelación de datos en plantas, cortes y fachadas y la exactitud del trabajo estaba en manos de los estudiantes-arquitectos-capturistas que podían ser varias personas que trabajaban en partes del proyecto, por lo que los errores podían abundar, la coordinación de diferentes proyectistas se dificultaba (diseño estructural, de instalaciones, etc.) y las modificaciones frecuentemente no quedaban plasmadas en todos los planos. Podía suceder que no hubiese planos actualizados en la obra y, consecuentemente, tampoco los había al finalizar la construcción.

---

5 - En México se ha usado básicamente AUTOCAD de la firma AUTODESK.

Para efectos de la integración de la documentación requerida para la construcción de las obras, había diversos programas de cómputo adicionales, algunos de uso sistemático en las oficinas y otros específicos. Los presupuestos, la elaboración de números generadores, el análisis de precios unitarios se efectuaba con programas de bases de datos, entre los primeros que salieron al mercado en México se tiene D-Base, Lotus y finalmente Excel de Microsoft Office, entre otros. Sin embargo había que diseñar el estilo de las tablas para que sus contenidos se ajustaran a los requisitos de la documentación de un contrato de obra y los datos no estaban vinculados electrónicamente con los planos, por lo que al efectuarse un cambio en el proyecto, se tenía que definir en qué partes de los documentos impactaba, en el presupuesto, en los volúmenes de obra u otro documento y hacer las correcciones correspondientes.

También había software especializado para la construcción como los programas para elaborar análisis de costos y presupuestos. Los programas básicos elaboraban tarjetas de precios unitarios que quedaban almacenados en una base de datos; en el formato de presupuestación se capturaban las cantidades de obra y el programa vinculaba cada concepto con su volumen de obra y su precio unitario. El formato general ya estaba dividido en partidas y conceptos de obra y efectuaba las operaciones matemáticas correspondientes para integrar el presupuesto. El software permitía la impresión de diferentes reportes: Presupuesto integrado, precios de materiales, costos de la mano de obra, volúmenes de obra, entre otros. Sin embargo, las modificaciones en el proyecto requerían de modificaciones al presupuesto o a algunos de los datos que lo integraban, operaciones que tenían que ser trabajadas por el capturista responsable de ese trabajo.

La parte de costos y presupuestos también era otra isla de tecnología sin mayor vinculación con los programas de diseño y dibujo. Algunos de los

programas disponibles en el mercado son Opus de AllPlan y Neo Data, entre otros. Situación similar se daba con la programación de obra. El software más utilizado en arquitectura y construcción era Microsoft Project que, sin ser un software específico para estas disciplinas, se ajustaba a las necesidades de los proyectos de construcción, aunque también podía ser empleado para programar cualquier tipo de proyecto como una campaña política o la fabricación de un nuevo modelo de automóvil. Tampoco estaba vinculado con los planos arquitectónicos ni con el programa de costos y presupuestos y algunos datos ajenos al programa debían ser incorporados como es la duración de las actividades de la programación. Con el paso del tiempo, la programación de obra también se ha integrado dentro de los programas de costos y presupuestos. En los últimos veinte años se ha vivido una revolución en las Tecnologías de la Información (TI) que, al ser incorporadas al trabajo de diseño en arquitectura, han transformado la disciplina. Indudablemente, la selección de los medios para representar-diseñar ha tenido un impacto importante en el carácter de los resultados de diseño. Dado que el pensamiento del diseño está ligado a los medios de representación, el abanico de posibilidades se ha ampliado con la expansión de las nuevas herramientas digitales que existen en el mercado en la actualidad (Schumacher, 2004).

### **EL PROYECTO DIGITAL INTEGRADO AL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN BIM**

McGraw-Hill Construction define al Modelado de Información para la Construcción (BIM, Building Information Modeling por sus siglas en inglés) como el proceso de crear y usar modelos digitales para el diseño, la construcción y/o la operación de los proyectos.

De manera más amplia, se considera el Modelo de Información para la Construcción (BIM), también llamado Modelo de Información para la Edificación, como:

“el proceso de generación y administración de datos del edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para integrar toda la información del proyecto, de su construcción y operación, optimizar los recursos (tiempo, materiales, recursos humanos, maquinaria y equipo y financieros). Este proceso produce el modelo de información del edificio (BIM), que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y especificaciones de los componentes del edificio” (Hollness, 2009).

A la fecha la integración abarca más aspectos y no todos han sido resueltos.

El origen de este concepto data de inicios de los setenta y se atribuye la difusión del concepto de Modelo de Información de Edificación, como un sinónimo de BIM, al profesor Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology por medio de libros y artículos académicos. Sin embargo, parece haber un consenso generalizado acerca de que Jerry Laiserin fue quien lo popularizó como un término común para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar y hacer interoperativa la información en formato digital. En el año de 1978 se presentó la primera versión de SigmaGraphics, desarrollado por Sigma Design International, de Alexandria, Louisiana, Estados Unidos, el cual posteriormente se denominó ARRIS CAD en el año de 1984, en un entorno completamente dedicado a la arquitectura y construcción. Este software originalmente fue desarrollado para entornos multitarea tales como UNIX/XENIX y actualmente trabaja bajo sistemas operativos de Windows de Microsoft.

A la fecha, son diferentes proveedores tecnológicos los que han desarrollado programas que ofrecen esta integración: Sigma Design, Autodesk, StruCad de AceCad Software, Bentley Systems, Graphisoft, Tekla, Nemetschek, y CADDetails, entre otros. El

concepto de BIM en el área de diseño y construcción presenta varias opciones en cuanto a plataformas y software para la implementación del mismo según los diferentes proveedores.

## CONCLUSIONES

En la actualidad las herramientas digitales han magnificado las posibilidades de diseño a los arquitectos. La experimentación digital ha convertido a las oficinas en verdaderos laboratorios de investigación. La visión inmaterial ha fortalecido a la más material de las Artes y esta misma visión es la que permite una construcción con mayores dificultades técnicas. La tecnología digital ha facilitado el diseño y construcción de obras de una gran complejidad y la experimentación formal y constructiva es aventura cotidiana en las oficinas de diseño. La oficina virtual llegó para producir diseños espectaculares y hay muchos mecenas internacionales dispuestos a patrocinarlas.

La tecnología de la construcción también se ha visto impactada tanto por el avance en los procesos de diseño asistidos por computadora, así como por la aparición de nuevos procedimientos

---

6 - La geometría, del griego geo (tierra) y metrón (medida), es la rama de la matemática que se ocupa de las propiedades de las Figuras geométricas en el plano o el espacio, como son: puntos, rectas, planos, polígonos, poliedros, paralelas, perpendiculares, curvas, superficies, etc. Permite la solución de problemas concretos relativos a medidas y es la justificación teórica de muchos instrumentos, por ejemplo el compás, el teodolito y el pantógrafo. Tiene su aplicación práctica en física, mecánica, cartografía, astronomía, náutica, topografía, balística, etc. También da fundamento teórico a inventos como el sistema de posicionamiento global (en especial cuando se la considera en combinación con el análisis matemático y sobre todo con las ecuaciones diferenciales) y es útil en la preparación de diseños.

7 - La información geográfica es el conjunto de datos espaciales georreferenciados requeridos en una construcción desde su etapa de proyecto como parte de las operaciones administrativas, legales y técnicas. Dichos geodatos poseen una posición implícita (una referencia catastral o datos de un documento de propiedad, por ejemplo) o explícita (coordenadas de un sitio o terreno obtenidas a partir de datos capturados mediante GPS, etc.).

de construcción, de producción industrializados, por nuevos materiales y, con la inquietud de los arquitectos e ingenieros por nuevas y más audaces formas y estructuras.

En razón de esta actualidad tecnológica es urgente replantear los tradicionales métodos para administrar una obra en construcción, que involucre modificaciones a la estructura organizacional interna, al quehacer específico del personal técnico involucrado y a su capacitación constante en esta nueva herramienta de producción conocida como BIM. Involucrando prioritariamente en este replanteamiento administrativo al Departamento Técnico, o su equivalente en otros organigramas, a través de un nuevo perfil del puesto.

Por su posición natural dentro del organigrama de obra el departamento técnico, o su equivalente en otros organigramas, es el sitio prioritario por modificar a través de un nuevo perfil, en razón de que es el lugar lógico de aplicación de los nuevos métodos digitales de programación, de control, de ejecución y transmisión informativa de las circunstancias que día a día se dan en la obra. Nuevos métodos como es la herramienta BIM.

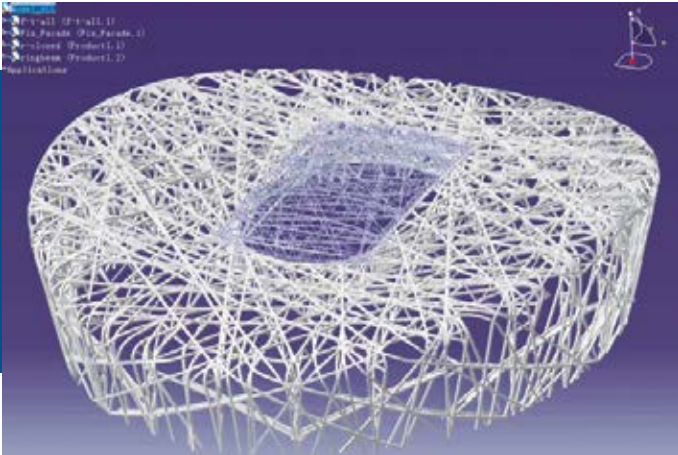
## **BIBLIOGRAFÍA**

ALEJANDRO CERVANTES. RESIDENCIA DE OBRAS  
I.EDIT. PROCESOS. MÉXICO 1991

HERNÁNDEZ R. SERGIO. INTRODUCCIÓN A LA  
ADMINISTRACIÓN. Mac Graw Hill

Administración de empresas constructoras, Suarez  
Salazar, Editorial Limusa México.

BEIJING STADIUM - GHERY TECHNOLOGIES WEBSITE



**Arq. Felipe Choclán Gámez**  
arquitecto@sachconsulting.com

**Dr. Manuel Soler Severino**  
Universidad Politécnica de Madrid, España  
manueljose.soler@upm.es

07

---

LA NORMA INTERNACIONAL ISO 21500 Y SU  
INTERRELACIÓN CON LA GESTIÓN DE PROYECTOS  
BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)





## RESUMEN

Siempre ha habido momentos de cambios durante la historia de la construcción, y cada cambio ha sido estudiado profundamente. En la práctica actual la construcción presta una atención cada vez mayor a la Gestión y Dirección de Proyectos, y es por esto que las grandes organizaciones están adoptando herramientas que faciliten esta gestión. La metodología BIM es una de estas herramientas, pero ha traído como consecuencia una separación de ideologías. Se ha empezado a comparar las diferencias entre la gerencia de un proyecto mediante el proceso tradicional y la gestión a través de esta metodología.

BIM PUEDE SUPONER UNA VENTAJA DECISIVA EN EL CAMINO HACIA UNA GESTION EFICIENTE. A su vez BIM es un recurso de Gestión de Información, y como tal, puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición; BIM es una plataforma abierta de información del proyecto disponible para todas los agentes involucrados ("stakeholders") en el proceso de construcción, al igual que la ISO 21500, tiene procesos y procedimientos; y, al igual que ésta, áreas de conocimiento y fases para cada entregable del proceso. BIM es la metodología que permite la compartición de la información de forma eficaz y fiable e ISO 21500 la Gestión de los procesos de compartición.

Palabras Clave: NORMA ISO-21500, BIM MANAGEMENT

## ABSTRACT

There have always been moments of changes during the history of the construction, and every change has been deeply studied. In actual practice construction pays attention to the management and direction of projects growing, and this is why large organizations are adopting tools that facilitate this management. The BIM methodology is one of these tools, but it has resulted in a separation of ideologies. It has begun to compare the differences between a project through the traditional process management and management through this methodology.

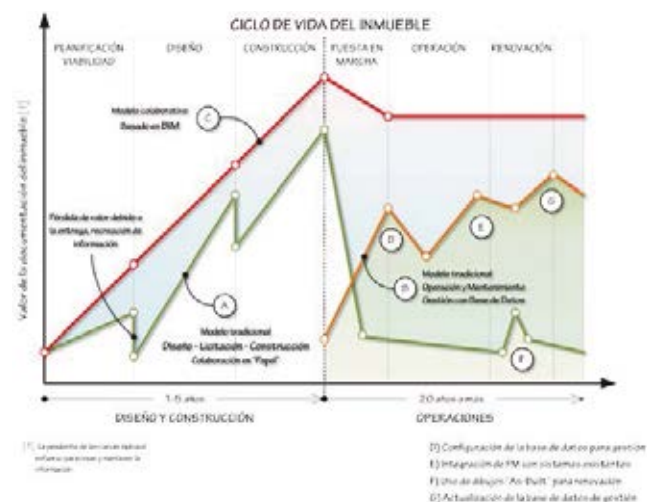
BIM CAN BE A DECISIVE ADVANTAGE ON THE ROAD TO EFFICIENT MANAGEMENT. At the same time BIM is an information management resource, and as such, can be used to illustrate the entire process of building, maintenance and even demolition. BIM is an open platform for project information available to all the players involved ("stakeholders") in the process of construction. BIM, as well as the ISO 21500, have processes and procedures; and like this, areas of knowledge and phases for each deliverable of the process. BIM is the methodology that allows the sharing of information effectively and reliably and ISO 21500 sharing processes management.

Keywords: NORMA ISO-21500, BIM MANAGEMENT.

## INTRODUCCIÓN

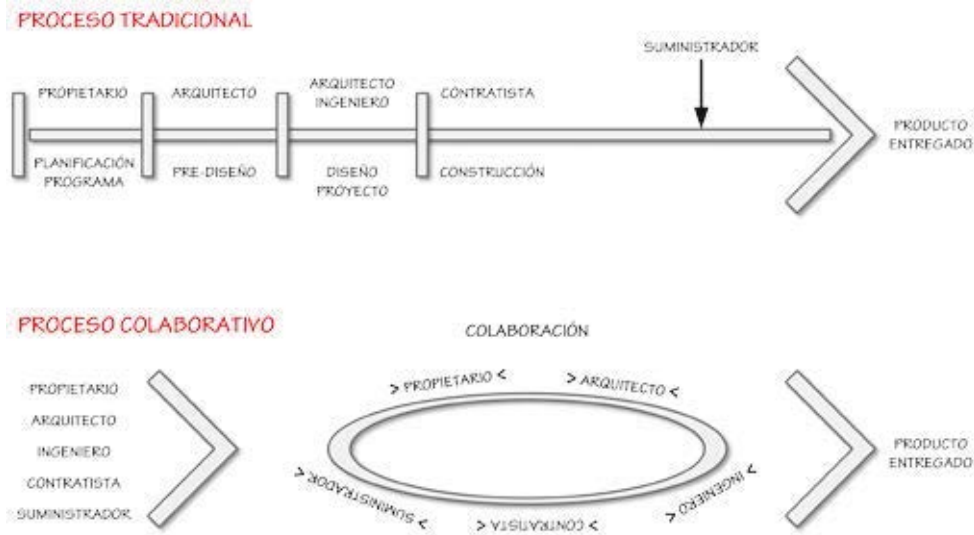
BIM es 90% Sociología, 10% Tecnología. La Industria de la Construcción debe buscar y aprender a trabajar de un modo diferente. Los flujos de información tradicionales son un gran problema y no es sostenible como se manejan, existiendo gran pérdida de información entre todos los interesados. En estos momentos la información de los proyectos está fragmentada e incompleta. No obstante se piensa que para obtener un adecuado rendimiento de la implementación de BIM en los proyectos es preciso seguir unas pautas que garanticen el correcto desarrollo del mismo. Building Information

Modeling (BIM) es un proceso / tecnología que está ganando rápidamente la aceptación en las empresas de planificación, arquitectura, ingeniería, construcción, operaciones y mantenimiento, pero expertos en el sector opinan que la implementación exitosa de BIM en un proyecto no es un hecho trivial. Se piensa que mediante el desarrollo de un Plan de Proyecto que haga referencia a las herramientas y las técnicas de la metodología BIM partiendo de las directrices que plantea la norma ISO 21500, se asegura el éxito del proyecto.



**Figura 7.1** "Representación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio." (BIM HANDBOOK SECOND EDITION-pág.153) (Eastman, C. y otros, 2011)

En la figura 7.1 se comparan el proceso tradicional y el proceso de entrega BIM basado en la colaboración. La curva inferior, con forma de diente de sierra, ilustra las pérdidas de información en el proceso tradicional cuando vamos cambiando de fase en el ciclo de vida. No somos capaces de utilizar la información generada en fases anteriores y tenemos que producir de nuevo gran parte de la misma. Un ejemplo claro es la fase de operación y mantenimiento donde casi no se conserva información en la práctica, a pesar de supuestamente, haber producido un proyecto "as-built". En la curva superior, al basarse en una metodología BIM la información se va creando de manera continua. Aparece una pérdida al



**Figura 7.2** Proceso Tradicional vs colaborativo. (Thomassen M., 2011)

pasar a operación puesto que necesitamos menos información para operar que para construir.

La Norma ISO 21500 plantea desde el inicio establecer qué información se va a distribuir y a quién, identificando los stakeholders y gestionando la información desde un punto de vista global y pormenorizado para cada parte interesada en el proyecto. Por eso entendemos que BIM es una plataforma abierta de información del proyecto, disponible para todos los agentes involucrados en el proceso de construcción. Esto nos permite a todos los usuarios utilizar la información integrada del edificio de una manera más eficiente, pudiendo ser utilizada para ilustrar el proceso completo de la edificación, de mantenimiento e incluso de demolición (BSI, 2013 ) (BSI, 2014) (Richardas, M., 2010).

En el sistema tradicional de construcción el flujo de trabajo es lineal y secuencial; desarrollándose en secciones: el propietario realiza el "Planning Program", contrata al Arquitecto que realiza un Anteproyecto. Cuando éste acaba y tiene la aprobación empieza el proyecto básico. Hasta que

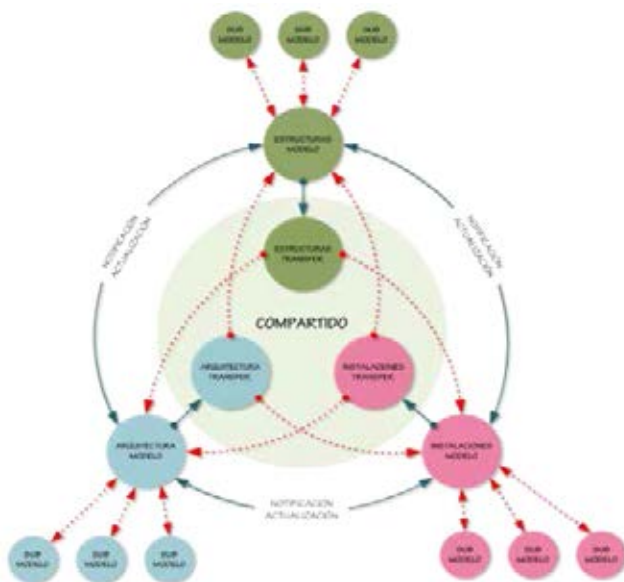
éste no está acabado, las ingenierías no entran a trabajar y hasta que el proyecto no está totalmente acabado, no comienza el constructor. En un flujo de trabajo BIM, el proceso es colaborativo y se desarrolla de manera integrada y cíclica.

Trabajando con una metodología BIM todas las preguntas clave: ¿QUÉ?, ¿CÓMO? y ¿QUIÉN?, se adelantan a fases más tempranas del proyecto, por lo que el riesgo y la incertidumbre son más fáciles e detectar.

Para lograr lo anterior BIM obliga a la comunicación de las partes, al trabajo coordinado y colaborativo. La norma ISO 21500 complementa este aspecto al plantear de qué modo gestionar la comunicación por medio de una serie de entradas y de salidas que aseguren el correcto intercambio de la información.

La colaboración entre los equipos de diseño, que intervienen en un proyecto, debe basarse en crear y producir información. Para esto se deben utilizar estándares, procesos, normas y métodos comunes, de modo que se asegure que la calidad y el contenido de la información que se crea y se

obtiene pueden ser utilizadas y no da lugar a otras interpretaciones. La norma ISO 21500 ofrece un marco común, internacional y accesible para todas las empresas de Project Management, facilitando la gestión del proyecto entre los equipos de diseño. Esta información será accesible para todos a través de un repositorio compartido o un protocolo de intercambio. Los datos antes de ser compartidos deberán ser verificados, aprobados y validados de acuerdo a los flujos de trabajo. Esto es lo que se conoce como un Entorno Común de Información ("Common Data Environment"). El proyecto puede explicarse de manera más completa y fiable, con lo que las peticiones de intercambio de información en el momento de la obra serán menores, favoreciendo el trabajo de la dirección facultativa.



**Figura 7.3** Intercambio de información del modelo. (AEC (UK) Initiative, 2012)

## OBJETIVOS DE BIM

La implementación BIM está enfocada a la realización de un modelo integrado (que no un único modelo), paramétrico y federado del Proyecto, encaminada a la consecución de los siguientes objetivos:

- **MODELO INTEGRADO:** Generar un modelo virtual con visibilidad 3D, pero con información, como los costes y una aproximación a la planificación (conocido por algunos autores como modelos 4D ó 5D), como única fuente de información paramétrica del Proyecto que contendrá por tanto toda la información necesaria para poder emitir la documentación (planos, cuadros de superficies...) que sea necesaria para el cliente, las Administraciones Públicas, futuros fabricantes y contratistas.
- **COMPRESIÓN DEL PROYECTO:** Facilitar la comprensión del Proyecto, su estructura, obra civil y sus instalaciones, para futuros usuarios y responsables de explotación y mantenimiento del mismo.
- **ANÁLISIS Y AUDITORÍA DEL PROYECTO:** Verificar el cumplimiento de programas de superficies y usos, comparando el programa deseado para el Proyecto, las medidas del mismo y las medidas generadas en el modelo.
- **DEFECTOS DEL PROYECTO:** Detectar las posibles inconsistencias en la documentación previa del proyecto.
- **ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS:** Detectar las posibles interferencias entre las distintas instalaciones. Suele ser habitual encontrarse en obra con problemas entre la estructura y las instalaciones. Anticiparse en fase de proyecto reduce retrasos y sobrecostes en la fase de construcción.
- **CONTROL DE LA MEDICIÓN:** Verificar posibles errores en la medición de forma previa a la adjudicación de los trabajos de construcción.
- **CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO:** Asegurar el equilibrio/veracidad de la información de los planos

con la memoria, las tablas de superficies, los volúmenes, las mediciones de los elementos del edificio, para el uso correcto por parte de todos los agentes implicados en el proyecto.

- **INFORMACION CONTROLADA:** Control de acceso a la información de la base de datos del Proyecto por medio de autorizaciones por roles y sistemas de workflow. Se acaba con las múltiples versiones del mismo Proyecto en diferentes ubicaciones.
- **CONTROL DE CAMBIOS DEL PROYECTO:** Una vez modelizado y documentado el modelo, cualquier cambio del mismo por grande o pequeño que sea se realizará sobre el modelo de manera que una vez realizado toda la documentación del proyecto se actualizará automáticamente sin necesidad de modificar uno a uno todos los planos, mediciones, tablas, y puede verificar que no interfieran con ninguna fase del proyecto.
- **CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD:** el modelo integrado permite detectar los riesgos antes de comenzar la obra y durante su ejecución, permitiendo que desde las fases tempranas se planifique la coordinación del Plan de Seguridad y Salud, reduciendo el porcentaje de accidentes en el lugar de trabajo durante la ejecución de la obra.
- **ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD:** Poder adaptar los criterios de sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto sin verse afectado por la toma de decisiones y órdenes de cambio, optimizándose en cada momento según los criterios de sostenibilidad establecidos al inicio. Se optimiza el diseño del edificio para una mejor eficiencia en su funcionamiento y reducción de costos para todo su ciclo de vida. Acelera la certificación energética ya que el

diseño y cálculos iniciales pueden ser utilizados para la verificación. Para lograr estos objetivos BIM al igual que la ISO 21500, tiene procesos y procedimientos y al igual que ésta, áreas de conocimiento y fases, para cada entregable del modelo. La realización de un proceso de implementación BIM, mediante la norma UNE-ISO 21500 nos proporciona las directrices para la dirección y gestión de proyectos con éxito.

## **ESTRUCTURA DE LA NORMA ISO 21500 Y EL PLAN BIM**

En todos los proyectos se reconocen 5 grupos de procesos; INICIO, PLANIFICACIÓN, IMPLEMENTACIÓN, CONTROL, CIERRE (ISO 21500, 2013).

Así mismo se tienen 10 grupos de materias: INTEGRACIÓN, PARTES INTERESADAS, ALCANCE, RECURSOS, TIEMPOS, COSTES, CALIDAD, ADQUISICIONES, COMUNICACIÓN (ISO 21500, 2013).

La dirección de proyectos con metodología conjunta BIM+ISO21500 (BIM–MANAGEMENT) se puede estructurar en 39 procesos que vinculan los grupos de materia durante los cinco grupos de procesos, es decir, durante el ciclo de vida del proyecto y cada proceso se gestiona mediante una serie de entradas y salidas, que van controlando en cada momento el estado del proyecto, la información y en general la optimización de los recursos para obtener un proyecto BIM con mayor éxito que otro con gestión tradicional (ISO 21500, 2013). Apoyándonos en las pautas de la Norma ISO 21500 podemos planificar la gestión del proyecto para alcanzar los objetivos mencionados anteriormente, y dejar reflejados los requisitos en el Plan BIM.

### **GRUPO DE PROCESO DE INICIO:**

Los procesos de inicio se utilizan para comenzar una fase del proyecto o el proyecto; para definir la fase del proyecto o los objetivos del proyecto



y para autorizar al director del proyecto a proceder con el trabajo de proyecto. Los principales procesos de este grupo de procesos son los siguientes:

- Acta de Constitución del proyecto.
- Identificar las partes interesadas.
- Establecer el equipo del proyecto.

La identificación de las partes interesadas es esencial para la elaboración del Plan BIM, ya que que dará reflejado desde el comienzo a quién distribuir la información, en qué medida y qué filtros emplear.

#### **GRUPO DE PROCESO DE PLANIFICACIÓN:**

Los procesos de planificación se utilizan para desarrollar los detalles de planificación. Este detalle debería ser suficiente para establecer líneas base contra las que se gestiona la implementación del proyecto y se mide y controla la ejecución del proyecto. La Norma ISO21500 establece una serie de procesos en los que nos apoyaremos para desarrollar el Plan de Proyecto. Se entiende que el Plan BIM es un subproyecto del Plan de Proyecto.

- Dirigir el trabajo del proyecto.
- Gestionar las partes interesadas.
- Desarrollar el equipo de proyecto.
- Tratar los riesgos.
- Realizar el aseguramiento de la calidad.
- Seleccionar proveedores.
- Distribuir la información.

Entre las partes interesadas que forman parte del Plan BIM resulta imprescindible definir desde el comienzo los canales de comunicación que se emplearán, con la finalidad de evitar riesgos relacionados con la distribución de la información. Es decir, las necesidades de la infraestructura tecnológica y la estrategia de ejecución.

#### **GRUPO DE PROCESO DE CONTROL:**

Los procesos de control se emplean para monitorizar, medir y controlar el desempeño del proyecto con respecto al plan de proyecto. Por consiguiente se pueden tomar acciones preventivas y correctivas y se pueden realizar las solicitudes de cambio, cuando sean necesarias, para lograr los objetivos del proyecto. Los principales procesos del grupo de procesos de control son los siguientes:

- Controlar el trabajo de proyecto.
- Controlar los cambios.
- Controlar el alcance.
- Controlar los recursos.
- Gestionar el equipo de proyecto.
- Controlar el cronograma.
- Controlar los costos.
- Controlar los riesgos.
- Realizar el control de la calidad.
- Administrar los contratos.
- Gestionar las comunicaciones.

Como se ha comentado, controlar la medición de un modo eficiente, es uno de los objetivos principales de BIM, con el fin de minimizar los errores previos a la adjudicación. Lo mismo ocurre con el control de los cambios, de importancia máxima a lo largo del proyecto. Como mecanismo de control, el contrato es la herramienta fundamental que ha de quedar perfectamente definida tanto en el Plan de Proyecto como en el Plan BIM.

#### **GRUPO DE PROCESO DE CIERRE:**

Los procesos de cierre se utilizan para establecer formalmente que la fase del proyecto o el proyecto está concluido y proporcionar las lecciones aprendidas para que sean consideradas e implementadas según sea necesario. Los principales procesos del grupo de procesos de cierre son los siguientes:

- Cerrar la fase del proyecto o el proyecto.
- Recopilar las lecciones aprendidas.

Recopilar toda la información en el “modelo integrado” resulta imprescindible para llevar a cabo la gestión del mantenimiento del edificio una vez finalizada la ejecución del mismo, y entregar al cliente toda la documentación que hace referencia al proyecto en un único modelo. La Norma ISO21500, a diferencia de otras guías, manuales o certificaciones internacionales, permite que la Organización utilice sus propias herramientas y técnicas, posibilitando de esta manera la utilización de la metodología BIM, de acuerdo a las directrices que plantea la Norma.

## CONCLUSIONES

Con la metodología BIM–MANAGEMENT-y las Directrices de la Norma Internacional-ISO 21500 se logra incluir a los “Stakeholders” – cliente, patrocinadores, arquitectos, ingenieros, constructores, etc. en una fase más temprana del proyecto. De este modo se consigue hacer “pre construcción” de modo que se minimizan Riesgos (en costes y planificación), con el consiguiente ahorro en tiempos y en costes, mejora de la calidad, de la Seguridad y Salud y de la Sostenibilidad. Gestionando los proyectos de forma normalizada, siguiendo las Directrices de la ISO 21500 y las herramientas y Técnicas de cada Organización. Y en conclusión se MEJORA el PROCESO CONSTRUCTIVO.

## REFERENCIAS

Eastman C. y otros, 2011, BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, 2ª Edición, Hoboken NJ, John Wiley & Sons.

BSI, 2013, PAS 1192-2:2013 INCORPORATING CORRIGENDUM No.1 Specification for Information Management for the Capital/Delivery Phase of

construction projects using Building Information Modeling, London, The British Standards Institution.

BSI, 2014, PAS 1192-3:2014 Specification for Information Management for the Operational Phase of Assets using Building Information Modeling, London, The British Standards Institution.

Richardas, M., 2010, Building Information Management, a Standard Framework and Guide to BS1192, London, The British Standards Institution.

Thomassen M., 2011 BIM and Collaboration in the AEC Industry, Aalborg, Aalborg University. AEC (UK) Initiative, 2012, AEC-UK-BIM PROTOCOL V.2, London, AEC (UK) Initiative.

ISO 21500, 2013, NORMA ISO 21500, Madrid, AENOR.



MUSEO SOUMAYA - GHERY TECHNOLOGIES WEBSITE



**Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra**  
Universidad Autónoma de Yucatán, México  
bpereyra@uady.mx

08

---

## IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN LAS EMPRESAS CONSTRUCTORA DEL SURESTE DE MÉXICO



## RESUMEN

El Modelo Integrado Para La Construcción (BIM, por sus siglas en inglés) está ganando popularidad entre los desarrolladores de proyectos de gran escala, tales como la Administración General de Servicios (GSA), quienes han estado promoviendo su uso en sus proyectos. Asociaciones profesionales de diseñadores y constructores tales como el Instituto de Arquitectos Americanos (AIA), la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), y la Asociación de contratistas americanos (AGC) evalúan cuidadosamente las implicaciones derivadas del uso del BIM para su adaptación y aplicación en la práctica profesional futura. En este trabajo se propone una metodología con criterios para implantar dicha tecnología en las empresas constructoras.

Palabras clave: BIM, empresas constructoras, industria constructora, Sureste de México.

## ABSTRACT

Building Integrated Model (BIM) is getting popular among large-scale projects developers, such as General Services Administration (GSA), which have been promoting its use at their projects. Professional design and builders associations as the American Institute of Architects (AIA), the American Society of Civil Engineers (ASCE), and the Associated General Contractors of America (AGC), are carefully reviewing the derivative implications of using BIM for their future professional practice. This text proposes a methodology which wants to implement that technology in the building industry.

Palabras clave: BIM, building companies, building industry, southeast of Mexico



## INTRODUCCIÓN

Principales factores de éxito. Se empezará concentrándose en los principales factores de éxito para lograr una implantación satisfactoria de BIM, así como qué pueden esperar las empresas al realizar la transición de sistemas 2D o CAD de objetos (a veces conocidos como modeladores de construcción única o modeladores de construcción virtuales) a una solución BIM creada específicamente, como es el Software Revit® Architecture.

### Un nuevo paradigma.

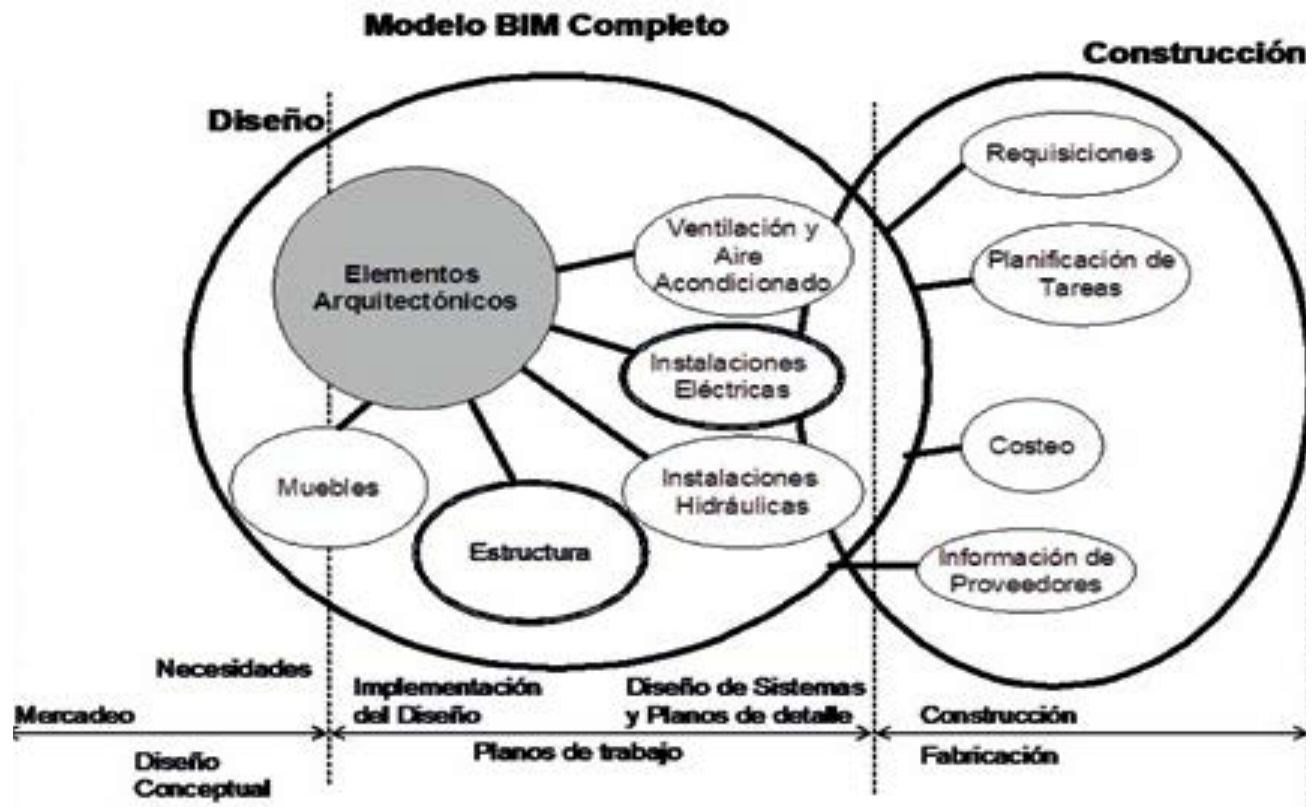
A finales de 2003, Autodesk encargó la realización de un estudio de investigación independiente que analizó los cambios en los procesos, los beneficios y los retos experimentados por empresas que implementaban Revit Architecture. Un hallazgo clave de la investigación es que prácticamente todos los participantes en el estudio debían hacer frente a la cuestión del cambio. Con el fin de complementar el estudio, Autodesk llevó a cabo una encuesta en línea entre sus clientes de Revit Architecture, que incluía preguntas relativas al cambio. Un 82% de los participantes en la encuesta afirmaron que su proceso de diseño estaba cambiando como resultado del uso de Revit Architecture y un 80% dijeron que su producto final también estaba cambiando. Recuértese la resistencia que hubo ante los primeros sistemas de CAD 2D. Luego llegaron los sistemas de modelado 3D y todavía generaron más quejas. Esta misma resistencia al cambio se produce con las soluciones BIM. Salvo algunas excepciones como ICA BIM, lo generalizado es que este tipo de tecnología produzca reticencia para su implementación.

Una solución BIM creada específicamente, como Revit Architectural, ofrece a los arquitectos una forma diferente, intuitiva y sólida de diseñar edificios. Su enfoque paramétrico al modelado es la esencia del verdadero diseño arquitectónico, pero también representa una nueva y revolucionaria

forma de utilizar un ordenador para diseñar. La transición de la tecnología basada en CAD a la tecnología de CAD de objetos es un cambio gradual. Pasar al modelado de construcción paramétrico es un cambio más importante, pero resulta especialmente atractivo para las empresas que desean utilizar la tecnología con la máxima eficiencia. La formación y la concienciación sobre BIM (los impresionantes beneficios que puede aportar, así como los cambios en el flujo de trabajo que precisa) son las principales armas para hacer frente a esta resistencia natural al cambio.

Con sus habilidades para cuantificar, este programa ofrece a los constructores con una metodología para sacar cantidades de obra muy fácilmente. Con la ayuda de programas tales como Naviswork de Autodesk y de Microsoft Project, se tiene una herramienta muy poderosa para programar y controlar obra. Una estrategia de implantación formal es un componente esencial para que cualquier despliegue de BIM resulte satisfactorio, y debe ir más allá de un mero programa de formación y despliegue. Debería dar respuesta frontal a los cambios organizativos y del flujo de trabajo inherentes a BIM. Una implantación de BIM tiene que tener en cuenta el tipo de organización que tiene que tener la empresa. En un artículo anterior (Baeza, Salazar, 2005), se menciona que se tiene que incluir a todos los participantes tanto diseñadores como contratistas en la organización del proyecto de construcción. Esto lleva consigo al menos una organización no tan jerarquizada, sino más plana, más directa con los participantes. Esto redundará en un flujo de información sin mayores obstáculos (ver figura 8.1).

BIM es un enfoque del diseño de edificios que se caracteriza por la creación y el uso de información computable, coordinada y con coherencia interna sobre un proyecto de construcción. Hay que recalcar que esto se refiere a la etapa del diseño, o sea que la precisión en la construcción depende mucho en lo que se tiene de detallado en el diseño.



**Figura 8.1** Modelo Integrado de Información para la Construcción y su relación aproximada con las etapas de construcción.

Los constructores aún pueden recibir un proyecto incompleto, a pesar de usar la mejor herramienta. Un proyecto ejecutivo hecho con herramientas BIM está mejor documentado que uno que no lo está, o al menos eso es en teoría. Lo que si hay que tener presente es que BIM no es solo una herramienta para agilizar el proceso de dibujo, sino que es una herramienta poderosa para documentar dichos esquemas.

El dibujo ya no es un simple dibujo. Hay que pensar en modelos, así que lo que se está plasmando en un modelo compuesto por objetos (componentes), con un comportamiento propio. Cada componente que se está colocando tiene un comportamiento propio, dependiendo de quién los haya creado, ya sea el fabricante o el usuario. Es por ello que se tiene que cambiar la forma de pensar acerca de los "dibujos" o "planos" que se están generando.

La realidad es que el plano en 2D o 3D es una proyección del modelo en un plano. De lo ya mencionado, hay que añadir que los planos y dibujos se generan en la etapa de Diseño. Si se quiere implantar BIM en la etapa de Construcción, ya es un poco tarde. Lo que se tiene que hacer en estos casos es hacer BIM lo más temprano posible a la hora de construir, debido a tener los costos de rediseño lo más bajo posible.

También hay que tener en cuenta los distintos puntos de vista de las partes que están trabajando en el proyecto. Por ejemplo, el diseñador de los muros ve estos dependiendo de la formación que haya tenido; un arquitecto ve un muro como un objeto que divide espacios, y hasta cierto punto, le da estética al proyecto. Un ingeniero ve el mismo muro como la composición de bloques, cadenas, castillos ahogados y armados, etc. Como

en cualquier mundo donde se encuentran estos diversos puntos de vista, debe de haber uno en común para exista una comunicación biunívoca y partir de ella para construir una más comunitaria.

Cuando los diseñadores ya han adquirido la tecnología, ya no se deben solicitar los meros planos de construcción, sino que también el modelo. Es en este punto en el que el constructor tendrá una verdadera unión de esfuerzos entre el diseñador y él mismo. Cuando ocurran cambios a lo largo de la construcción o solo cuando sea nada más actualizar información en planos (ya para esta etapa deberán de ser mínimos), actualícese el modelo y pásese dicha información al diseñador. No hay que preocuparse del costo de la presentación de la tecnología al personal de la empresa. Si no se cuenta con los conocimientos necesarios, es más barato en principio hacer que el personal encargado de la construcción se capacite; al final se aumenta la productividad de los empleados y se reducen los costos de indirectos por la reducción de tiempos de transmisión de información (Autodesk, 2007).

Al adquirir la tecnología, es necesario tocar el punto de adquisición de hardware y lo mismo sucede con el software. Con cada año, la adquisición de hardware y software se hace cada vez más pesada para mantener el software BIM corriendo. Es necesario llegar a un acuerdo con los distribuidores de maquinaria de tener un sistema de "leasing" o renta de equipo y adquisición de software, para estar a la par con el desarrollo tecnológico. Otra forma de contribuir de parte del constructor es funcionando como asesores en el diseño. Aquí el constructor puede tener acceso a una porción del diseño localizado en una "nube", que no es más que un archivo común en un servidor de una tercera parte que es gratuito o simplemente cobra por espacio. En este caso se tiene acceso a no todo el diseño pero una porción del diseño que se puede modificar. Esta característica de trabajo está dirigida para que se pueda trabajar en equipo. Aun

en la etapa de construcción en la que se pueden realizar pequeños cambios al diseño original acorde con las necesidades del proyecto en el campo. Estos cambios se transmiten de manera automática entre los diferentes visores del archivo a trabajar, sin necesidad de trabajo extra.

Sobre este particular punto hay que elaborar más. Siendo una empresa de construcción, puede recibir el modelo de dos maneras diferentes: (1) vía medio electrónico o (2) una liga a un sitio en internet (la nube propiamente dicha). Esta última es quizás la mejor manera de trabajar ya que no requiere duplicar información. Siempre que se pueda, se debe trabajar en nubes, ya que la misma información y cambios se pueden tener a la mano para el conocimiento de todas las partes integrantes del proyecto.

Los elementos de los modelos de información para la edificación presentan serios cuestionamientos de adaptabilidad respecto a los objetos y métodos constructivos utilizados mayormente en Yucatán, México. Esto se debe principalmente a que la capacidad de construir modelos que expresen y representen cualidades reales de diseño y construcción y cuya información sea útil para los usuarios de un proyecto no ha sido estudiada profundamente. Durante la construcción del modelo se observa que para modelar apropiadamente una edificación se debe recurrir a la definición y/o creación de familias. El software BIM contiene por defecto numerosos objetos y familias de distinta naturaleza, sin embargo un porcentaje bastante reducido de dichos objetos son comúnmente utilizados en una edificación típica del medio. No obstante, se puede observar que la manipulación de las familias existentes es muy flexible. Por lo consiguiente, la configuración de tipos (mediante inclusiones y/o definiciones de paramétricas) que expresen mejor las características de diseño y construcción del medio es factible. Mucho del trabajo de diseño y de construcción se resume en crear familias para su uso en la localidad.

Estación de trabajo	\$2,400
Herramientas de Microsoft Office o equivalentes	\$300
Software CAD/BIM	\$3,200 primer año
Software de análisis estructural ó análisis de energía	\$1,000
Software para análisis de costos	\$7,200
Software de revisión de modelos BIM (como Navisworks)	\$9,300
Monitor LCD 32" (opcional)	\$1,200
Proyector de video (opcional)	\$600
Proveedor FTP para servidores (opcional)	\$1,900
Cargos Anuales de todos los software (suscripciones)	\$1,200 despues del primer año

**Figura 8.2** Costos básicos de implementación de los sistemas BIM.

## IMPLEMENTACIÓN DE BIM

En esta sección se establecerán pautas para implementar y utilizar exitosamente los modelos BIM en una entidad o empresa para su uso en la administración de la construcción. A continuación, y en base a lo que se tiene en la literatura y experiencia propia, se propondrá una serie de pasos a seguir si se pretende implementar los modelos de información para la edificación de manera que estas recomendaciones como parámetros o lineamientos a cualquiera que lo requiera.

### 1. Identificar un administrador BIM

**A)** Dicha Figura debe administrar y facilitar todos los procesos necesarios para crear y administrar los sistemas BIM. Esto incluye la coordinación de toda la información de los arquitectos, ingenieros, contratistas y personas involucradas en el proyecto.

**B)** El administrador BIM también debe coordinar los puntos de referencia en el proyecto y desarrollar el itinerario de cuando los procesos como detección de interferencias o actualización del modelo deben realizarse.

**C)** Cuando menos deberá tener las siguientes características y calificaciones:

- Entender los flujos de trabajo BIM: Idea inicial-diseño-desarrollo/documentación-construcción.
- Conocimiento técnico de los software y aplicaciones BIM, siendo capaz de entender el funcionamiento avanzado de los programas.
- Habilidades de comunicación y entrenamiento dentro de la institución y con todas las entidades involucradas en el proyecto.

### 2. Planeación de costos

**A)** Se debe elaborar un plan de adquisición de software y hardware. Dicho plan debe incluir el costo de estos elementos y del capital humano necesario para manejarlo.

**B)** La intención principal es proporcionar a la administración de la empresa o entidad un parámetro de los recursos requeridos para la implementación.

**C)** De acuerdo a Hardin (2009), se presenta en la Tabla 1 los costos básicos de implementación de los sistemas BIM para una empresa en Estados Unidos (la moneda es el dólar estadounidense).

### 3. Desarrollar un Plan de implementación

**A)** El plan de implementación consiste en un programa o itinerario de todas las tareas, procesos y acciones necesarias para transformar la tecnología en la entidad o compañía.

**B)** Incluye un plan de adquisición de software y hardware, itinerario de capacitación y entrenamiento a los usuarios y cualquier acción relacionada con la implementación.

### 4. Empezar pequeño

**A)** El entrenamiento y la capacitación debe comenzar con el administrador BIM y algunos asociados más.

**B)** La idea es empezar con un grupo pequeño que pueda comenzar a producir resultados después del entrenamiento.

**C)** Adicionalmente, es recomendable comenzar con un proyecto pequeño, ya que la probabilidad de lograr una implementación efectiva en la que el diseñador, ingeniero y fabricantes del proyecto empleen BIM es mayor.

### 5. Mantener el personal entrenado y crear un departamento especializado.

**A)** El administrador BIM debe de mantenerse entrenado en los software BIM y los usos en la entidad, no solamente para convertirse eficiente en el uso y manejo de los programas, sino también para adquirir el entendimiento de sus objetivos y estar completamente capacitado para reportar los resultados.

**B)** En cualquier entidad que emplee modelos de información para la edificación, un departamento BIM debe ser estructurado para que la carga de trabajo sea repartida equitativamente entre los distintos integrantes y se logren los objetivos eficientemente.

### 6. Mantenerse flexible y crear recursos

**A)** Es importante tener en cuenta que lograr una implementación total de BIM puede tomar años, por lo que es necesario que los planes sean flexibles ya que nuevos software y tecnologías serán desarrollados.

**B)** El software y hardware evolucionará, por lo que el plan se debe adaptar a las mejores alternativas conforme las metas son cumplidas.

**C)** Es importante crear guías y/o tutoriales internos, de manera que se ayude y apoye al personal de la entidad mediante la creación de referencias o puntos de apoyo.

**D)** De tal manera, se estandarizarán los procesos mediante los cuales ciertas tareas se realizan y la implantación de BIM será más eficaz.

### 7. Analizar la Implementación

**A)** Para finalizar, es necesario averiguar si la implementación de BIM está mejorando o no los procesos dentro de la empresa.

**B)** Se deben analizar los objetivos establecidos (que deben ser medibles) para determinar que componentes de BIM están realizando los ahorros mayores y creando el mayor valor en la entidad.

**C)** Midiendo los objetivos y analizando los resultados, se puede analizar que software está funcionando, y donde se puede mejorar.

## CONCLUSIONES

- Los elementos contenidos en los modelos de información para la edificación son capaces de modelarse expresando propiamente las características de diseño y construcción presentes en las edificaciones típicas de Yucatán.
- La adaptación de los objetos (a las características necesarias) en el modelo requiere de la edición y/o creación de familias mediante definiciones y establecimientos paramétricos, procesos capaces de ser realizados por los mismos modeladores.
- El diseño de una edificación es menos propenso a contener errores cuando este se realiza en SoftwareBIM, ya las relaciones entre los objetos que conforman al modelo permiten la detección de errores y su solución antes de que se presenten en la obra.
- La creación de modelos estructurales a través del software es de gran utilidad y presenta altos índices de adaptabilidad al medio.
- La documentación del proyecto en base a los programas BIM se realiza de manera rápida y con calidad, obteniendo documentos de construcción sin incongruencias.
- Empezar por crear y editar todas las familias de objetos necesarios que serán requeridos en el proyecto y no comenzar a modelar hasta que este proceso esté terminado.
- Procurar la parametrización y especificación más detallada posible en las familias creadas. De tal manera, el análisis integral del proyecto y la realización de todos los análisis descritos será más efectivo.
- Experimentar con la construcción de modelos aislados vinculados. Es decir, construir el modelo de cada disciplina de manera independiente y

establecer vínculos entre estos. De tal manera, se podrá determinar de manera más precisa la capacidad de interoperabilidad entre los distintos software de BIM y se conocerán los beneficios y las desventajas del uso de tal flujo de trabajo.

- Elaborar un modelo multidisciplinario utilizando las herramientas de colaboración, en el que dos o más usuarios construyan un modelo colaborativamente. De manera que la capacidad de colaboración e interacción entre los distintos usuarios de un modelo BIM sea estudiada a fondo.

## BIBLIOGRAFÍA

Associated Contractors of America. "The contractors' guide to BIM (2da ed.)". Estados Unidos, C.C.; Ernstrom B., Hanson D., Hill D., Jarboe J., Kenig M., Nies D., et al. 2010

Autodesk, "El rendimiento de la inversión con BIM", (2007) Baeza, Julio Rodrigo, Salazar, Guillermo F., "Integración del Proyecto Arquitectónico y la Construcción en Procesos de Edificación Utilizando el Modelo Integrado de Información para la Construcción (BIM)", 2005, <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen9/integracion.pdf>

[http://www.a3d.es/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=205&Itemid=74](http://www.a3d.es/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=205&Itemid=74) 2013

[http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?siteID=455755&id=10200355&DCMP=DMC-BIM\\_ES\\_DM](http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?siteID=455755&id=10200355&DCMP=DMC-BIM_ES_DM), 2013 <http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?siteID=455755&id=10200498>, 2013

Solís, R. G. Gestión de Proyectos. México: Apuntes de la clase "Administración Integral de Proyectos de Construcción". México: Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería. 2010

## ACERCA DEL AUTOR

El doctor Julio Baeza es licenciado en ingeniería por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Tiene maestría en Ingeniería-Construcción por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Cuenta con un doctorado en Sistemas Computacionales por el Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachussets, USA. Actualmente es profesor investigador tiempo completo de la Universidad Autónoma de Yucatán.





**M.I. Selene Aimee Audeves Pérez**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
selene.audeves@correo.uady.mx

**M.I. Romel Gilberto Solís Carcaño**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
tulich@correo.uady.mx

**M. I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
zgrife72@uady.mx

09

---

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA  
LA GENERACIÓN DE MODELOS BIM  
APROVECHABLES EN DISTINTOS USOS DE LA  
ETAPA DE EJECUCIÓN DE  
PROYECTOS DE EDIFICACIÓN



## RESUMEN

Cuando se implementa correctamente la tecnología Building Information Modeling (BIM), ésta puede proporcionar muchos beneficios en un proyecto. La implementación de BIM requiere una planificación detallada, así como modificaciones fundamentales de los procesos por parte de miembros del equipo del proyecto, para lograr con éxito el uso de la información incluida en el modelo inteligente o modelo BIM. Los modelos BIM pueden ser producidos en cualquiera de las etapas del proyecto, por lo tanto la información contenida en ellos será dependiente de la fase del desarrollo del proyecto. El documento Level of Development Specification (LOD) es una referencia que permite a los profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos. En el presente trabajo se expone la aplicación de una metodología existente para la generación de modelos BIM, aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de los proyectos de edificación; para lo cual se seleccionaron cinco usos de BIM ligados a la fase de construcción, también, se definieron las responsabilidades de los participantes y se identificó la tecnología a utilizar, en base a la disponibilidad del software y dominio del mismo. Dentro de los resultados más importantes destacó el hecho de que definir un modelo BIM en base a un uso específico permite optimizar la utilidad de los modelos en la etapa de ejecución y reducir esfuerzos innecesarios en el modelado.

Palabras clave: modelo BIM, usos BIM, LOD, construcción.

## ABSTRACT

When properly implemented, the Building Information Modeling Technology (BIM) can provide many benefits to a project. BIM implementation requires detailed planning and fundamental changes in the processes by members of the project team as well, to make successfully use of information related with the BIM model. BIM models can be developed at any stage of project, therefore the information contained therein will be dependent on the stage of project development. Document Specification Level of Development (LOD) is a reference that allows professionals in architecture, engineering and construction, specify and articulate with a high level of clarity and content reliability of the data contained in the BIM models for the different stages of lifecycle of projects. In this paper the application of an exposed existing methodology for generating models BIM. Which are usable in different uses of the implementation phase of building projects.

Five uses related to the construction phase of BIM were selected. Also the responsibilities of the participants and the technology to use were defined, based on the availability and dominion of the software. Among the most important results is that by defining a BIM model based on a specific application, the utility of the models can be optimized in the implementation phase and reduce unnecessary modeling efforts.

**KEYWORDS:** BIM model, uses BIM, LOD, building

## INTRODUCCIÓN

Cuando se implementa correctamente la tecnología Building Information Modeling (BIM), ésta puede proporcionar muchos beneficios en un proyecto. El valor de BIM ha sido ilustrado a través de proyectos bien planificados donde se obtuvieron beneficios como: aumento de la calidad del diseño; mayor prefabricación debido a las condiciones del campo

predecibles; mejora de eficiencia en el campo mediante la visualización de la programación de la construcción; aumento de la innovación a través del uso de aplicaciones de diseño digital; asimismo al final de la fase de construcción, la información valiosa puede ser utilizada por el usuario del edificio para la gestión de activos, la planificación del espacio y la programación de mantenimiento, para mejorar el rendimiento global del edificio o de sus instalaciones. Sin embargo, también ha habido ejemplos de proyectos en los que el equipo de trabajo no planificó eficazmente la implementación de BIM, dando lugar al aumento de los costos incurridos por los servicios de modelado, retrasos en el programa debido a la falta de información, y poco o ningún valor añadido. (Project Execution Planning Guide, 2011).

La implementación de BIM requiere una planificación detallada, así como modificaciones fundamentales de los procesos por parte de miembros del equipo del proyecto para lograr con éxito el uso de la información incluida en el modelo inteligente o modelo BIM. (Project Execution Planning Guide, 2011). El aspecto más interesante de la adopción de BIM es la extracción, análisis y comunicación de los datos contenidos en un modelo inteligente, el cual es creado para eliminar las ineficiencias en el proceso de construcción, y en él se reflejan todos los cambios que se realizan en las etapas de diseño y ejecución del proyecto. (Reddy, 2012).

Un modelo BIM incluye además de un modelo virtual en 3D gran cantidad de información. Parte de esta información es física, la cual puede ser: las dimensiones del objeto (su tamaño), la ubicación del objeto en relación con la ubicación de los otros objetos en el modelo o la cantidad de objetos en el modelo. También el modelo BIM puede contener información paramétrica, la cual se refiere a la información que distingue un componente particular de otro que es similar, es decir, un elemento muro que esté generado con la misma herramienta

puede tener distintos parámetros como: el tipo de material (madera o metal espárragos, tipo de placas de yeso, etc.), el proveedor, etc. (Kymmell 2008). Los modelos BIM pueden ser producidos en cualquiera de las etapas del proyecto, por lo tanto la información contenida en ellos será dependiente de la fase del desarrollo del proyecto. La naturaleza, el nivel de detalle y la cantidad de información puede cambiar a lo largo del proceso de planeación; siendo ésta, la razón más importante por la que es tan difícil mantener el mismo modelo a través de las distintas fases del proyecto; es muy importante planificar cuidadosamente el contenido del modelo para que el proceso de modelado sea tan eficiente como sea posible, y se maximice la utilidad de los modelos. (Kymmell 2008).

El documento Level of Development Specification (LOD) es una referencia que permite a los profesionales de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos. El LOD define e ilustra las características, los elementos del modelo de diferentes sistemas de construcción en diferentes niveles de desarrollo. Esta clara articulación permite a los autores de los modelos definir aquello para lo cual sus modelos son fiables, y permite a los usuarios que entiendan claramente la utilidad y las limitaciones de los modelos que van a recibir. El objetivo principal de la herramienta LOD es ayudar a los equipos de trabajo, incluidos los propietarios, especificar entregables BIM y obtener una imagen clara de lo que se incluirá en un modelo BIM (LOD, 2013).

## OBJETIVO GENERAL

Aplicar una metodología existente para la generación de modelos BIM, aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de los proyectos de edificación.

## DESARROLLO

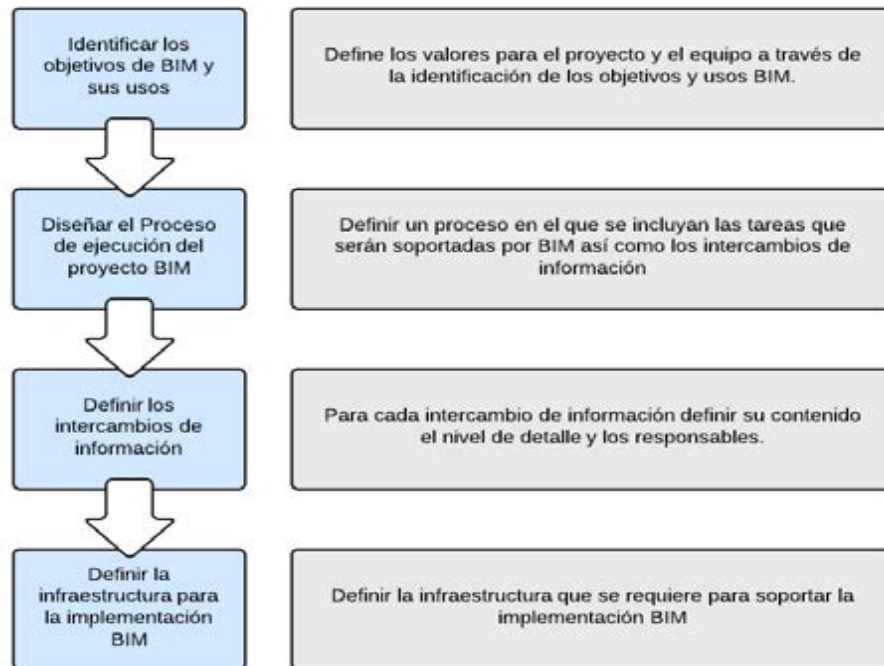
El presente trabajo de investigación fue realizado por varios participantes de La Red Académica Integración del Diseño y Construcción, compuesta por el Cuerpo Académico (CA) "Administración para el diseño" de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); el grupo "Master Builder" del Worcester Polytechnic Institute (WPI); y el CA "Ingeniería de la Construcción" de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). La metodología aplicada para la generación de modelos BIM fue tomada de BIM Project Execution Planning Guide.

El documento "BIM Project Execution Planning Guide", el cual llamaremos documento guía, es un producto de buildingSMART alianza (BSA), el cual fue desarrollado para proporcionar un manual práctico que puede ser utilizado por los equipos de un proyecto para diseñar su estrategia de BIM y desarrollar un plan de ejecución del proyecto. El núcleo del modelado y los conceptos de intercambio de información han sido diseñados para complementar los objetivos a largo plazo de la BSA en el desarrollo de una norma que puede ser implementado en toda la Industria AECOO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción, Propietario y Operador) para mejorar la eficiencia y la eficacia de la aplicación BIM en proyectos.

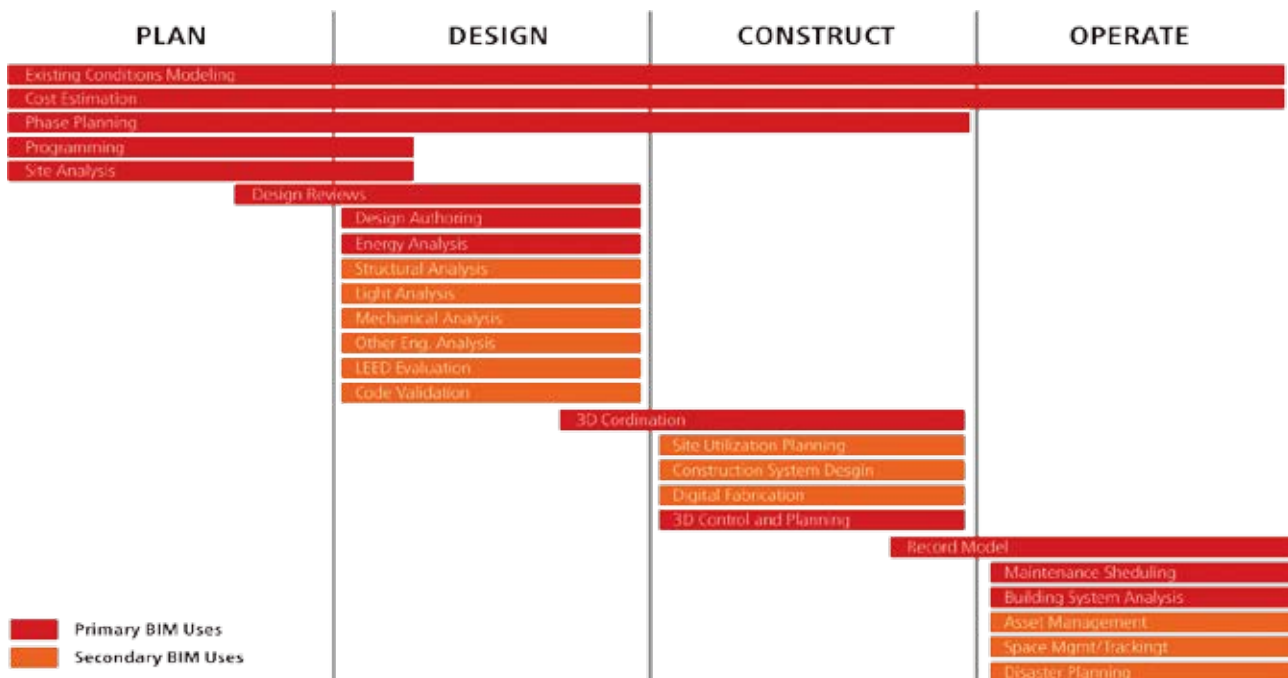
En el documento guía se indica la necesidad de establecer el procedimiento de planeación de la ejecución del proyecto BIM, el cual consta de los siguientes cuatro pasos fundamentales (ver Figura 9.1):

### 1. Identificar los objetivos de BIM y sus usos.

Uno de los pasos más importantes del proceso es precisar claramente el valor potencial de BIM para un proyecto en sí, así como para cada uno de los participantes del proyecto, esto se logra mediante la definición de los objetivos generales de la implementación BIM. Los objetivos pueden ser



**Figura 9.1** Costos básicos de implementación de los sistemas BIM.



**Figura 9.2** Usos BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos

basados en el desempeño del proyecto, como por ejemplo reducir la duración del proyecto (diseño y/o construcción), tener una mayor productividad en campo durante la construcción, incrementar la calidad, reducir los errores o cambios, etc.

Una vez definidos los objetivos, el siguiente paso es definir los usos específicos de BIM en un proyecto. Un uso BIM se define como “un método de aplicación de la tecnología BIM durante el ciclo de vida de un edificio para lograr uno o varios objetivos específicos (Kreider R. and Messner J., 2013). En el documento guía, se contemplan 25 usos para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos; cabe mencionar que estos usos no son limitativos de todos los posibles usos de BIM (ver figura 9.2).

## **2. Diseñar el proceso de ejecución del proyecto BIM.**

En este paso del proceso se indica que una vez definidos los usos BIM, el siguiente paso es mapear el procedimiento para la planeación de la implementación BIM, para lo cual el documento guía contiene un mapa general que muestra la secuencia e interacción entre los principales usos BIM del proyecto, a fin de proporcionar un claro entendimiento a los participantes del proyecto de cómo su trabajo se relaciona con el trabajo de los demás. También contiene un mapa del proceso para cada uno de los usos BIM.

## **3. Definir los intercambios de información.**

El documento guía indica que basados en los mapas de proceso creados, el intercambio de información que ocurrirá entre los participantes en el proyecto debe ser definido. Para esto es necesario determinar los formatos en los que la información debe ser entregada/recibida (por ejemplo PDF, DWG, RVT etc.); este paso se define tomando en cuenta la tecnología disponible, en base a la disponibilidad de software y su dominio por parte de los participantes.

## **4. Definir la infraestructura para la implementación BIM.**

En cuanto a este último paso el documento guía muestra que la definición de la infraestructura consiste en precisar los procedimientos de comunicación, asignación de responsabilidades de los equipos, definición de la infraestructura tecnológica, así como la identificación de los procedimientos de control de calidad para asegurar que el modelo comunique la información requerida a los siguientes procesos.

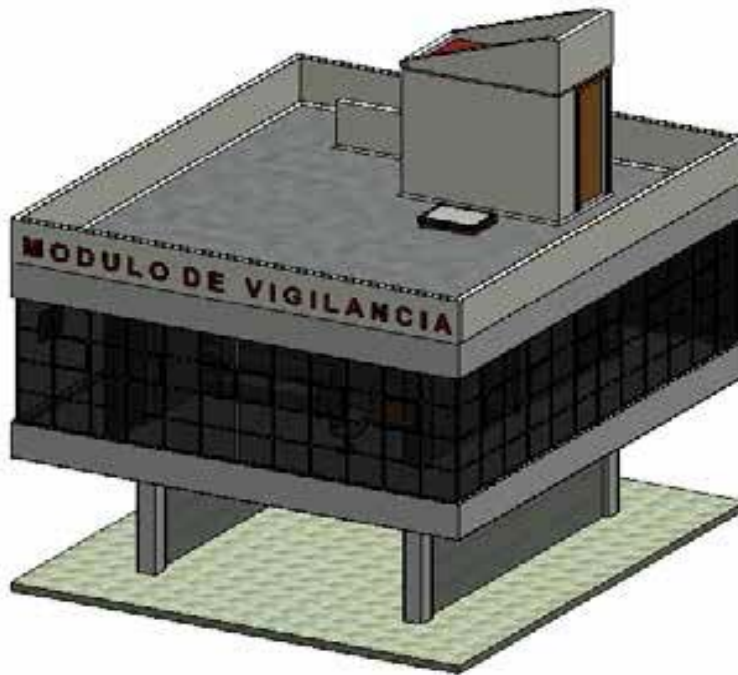
### **APLICACIÓN DEL DOCUMENTO: “BIM PROJECT EXECUTION PLANNING GUIDE”**

La decisión por parte de los integrantes de la Red Académica acerca de utilizar el documento “BIM Project Execution Planning Guide” radica en que éste daría las pautas para poder cumplir con el objetivo planteado en el proyecto de la Red. Con el fin de integrar los conocimientos y experiencia de los integrantes de los cuerpos académicos de la Red, se establecieron tres equipos de trabajo de acuerdo a las fortalezas de cada uno; para lo cual, la UAM fungió como el equipo de diseño, la UADY como el equipo de construcción y el WPI por su experiencia en la aplicación de la tecnología BIM como el equipo director del proyecto.

Una vez definidos los tres equipos de trabajo, se estableció el tipo de proyecto a desarrollar, tomando en cuenta tanto los recursos y tiempo disponible, así como que el proyecto esté compuesto por varios elementos constructivos que le den un grado de complejidad y no tanto por el tamaño; por tanto, el proyecto a desarrollar consistió en una caseta de vigilancia, de aproximadamente 145 metros cuadrados de construcción, compuesta de dos niveles y estructuras de concreto coladas en sitio.

Para determinar cuáles de los 25 usos BIM se aplicarían en el proyecto del diseño y planificación





**Figura 9.3** Primera versión del modelo BIM.

de la construcción de la “Caseta de vigilancia”, se clasificaron en los usos en los siguientes tres grupos:

- Los usos BIM para la etapa del diseño, los cuales se refieren a los usos que inician y terminan durante la fase de planeación y diseño del proyecto, y que requieren de la participación temprana del constructor.
- Los usos BIM para ambas etapas (diseño y construcción de manera integrada), los cuales se refieren a los usos que inician en la fase de planeación o diseño y continúan o terminan durante la fase de la construcción y que deben desarrollarse de manera integrada. Estos usos comúnmente se usan para la coordinación de los sistemas del edificio y mejorar la constructabilidad del mismo.
- Los usos BIM para la etapa de la construcción, los cuales se refieren a los usos que inician y terminan en la fase de construcción del proyecto. Estos usos

comúnmente se usan para la planeación y control de la construcción.

Los usos BIM correspondientes a la etapa de diseño fueron seleccionados por el equipo formado por los integrantes del CA de la UAM; dentro de las acciones se definieron las especificaciones, arquitectura, espacios y dimensiones de la caseta de vigilancia, dando como resultado la generación de la primera versión del modelo BIM, en el cual también se integraron las ingenierías, las cuales fueron diseñadas por el CA de la UADY; los encargados de modelar dichas ingenierías fueron los integrantes del WPI, esto debido a su experiencia en el manejo de software (ver figura 9.3).

Para la comunicación entre los diferentes equipos se utilizó el servidor o nube Sugarsync; además se definió una estructura para el intercambio ordenado y eficiente de información correspondiente al proyecto. El resultado de la interacción entre los 3 equipos de trabajo del WPI, UAM Y UADY, mostró

Usos BIM*	Valor al Proyecto	Personas(s) Responsable(s)	Valor al Proyecto Person(s) Responsables	Grados de Capacidad			Recursos Adicionales / Habilidades Requeridas por Implementar	Notas	Proceso con el fin
	Bajo/Medio/Alto		Alto / Medio / Bajo	Escala 1-3 (1=Bajo)					Si / NO / Tal vez
				Recursos	Habilidades	Experiencia			
Estimación de Costos con el Modelo BIM	Alto	Nicolás Zaragoza	Alto	2	3	3	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción	Si
		Selene Audeves	Medio	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción	
Coordinación en 3D	Alto	Selene Audeves	Alto	2	2	2	Licencia de última versión del Revit		Si
		Rómel Solís	Medio	2	1	1	Licencia de última versión del Revit		
Fases de Planeación (Modelos 4D)	Alto	Selene Audeves	Alto	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción	Si
		Nicolás Zaragoza	Medio	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción	
		Gilberto Corona	Bajo	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción	
		Rómel Solís	Bajo	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción	
Modelado de las Condiciones Existentes	Bajo								Si

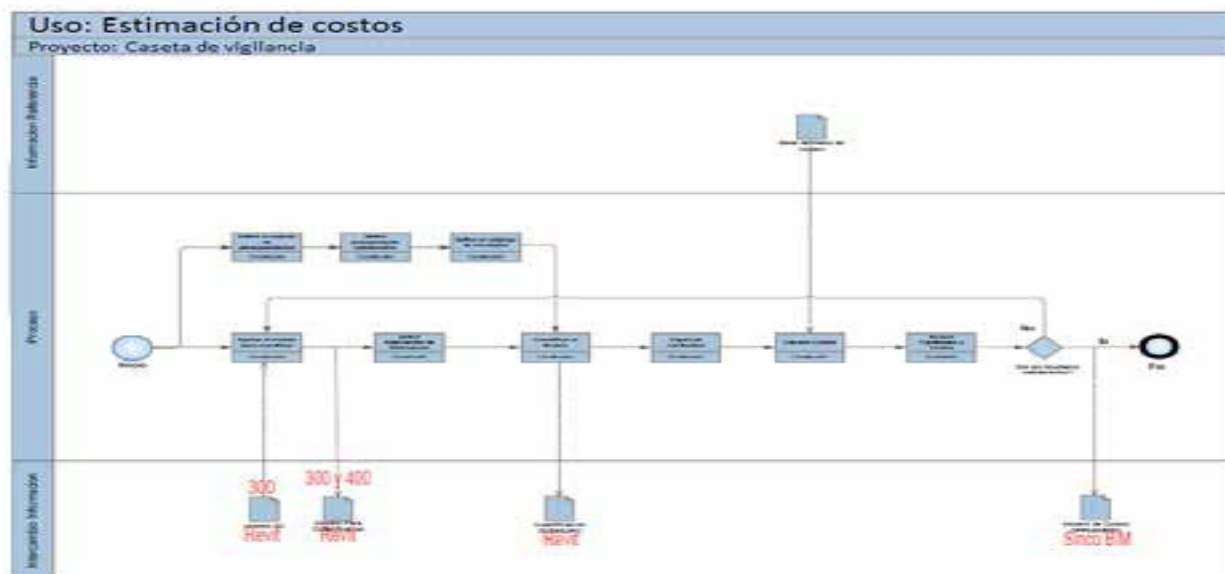
**Figura 9.4** Análisis de los usos BIM para las etapas de diseño y construcción integradas

que es posible integrar el diseño y la construcción en el desarrollo del modelo BIM del proyecto de la caseta de vigilancia. Para el desarrollo del presente trabajo, el cual está enfocado a la etapa de construcción, el equipo conformado por los integrantes del CA de la UADY seleccionó los siguientes 5 usos BIM ligados a la etapa de ejecución del proyecto:

- Modelado de las Condiciones Existentes
- Estimación de Costos con el Modelo BIM
- Fases de Planeación (Modelos 4D)
- Coordinación en 3D
- Planeación de la Utilización del Sitio

Después de seleccionar los 5 usos BIM, el siguiente paso fue evaluar la importancia, la factibilidad e implicaciones de cada uno de ellos para decidir si se procede o no con su implementación. El procedimiento de evaluación de los usos BIM seleccionados se realizó utilizando los siguientes criterios:

- Recursos necesarios para implementar los usos BIM requeridos: personal, software, capacitación en el uso del software, equipo de cómputo y soporte técnico.
- Competencia del equipo para implementar exitosamente el uso específico de BIM. Para determinar competencia, el equipo debe entender los detalles para el uso de BIM y cómo serán llevados a cabo en un proyecto.
- Experiencia asociada con el uso de BIM en el pasado por parte de los integrantes del equipo. La experiencia asociada con cada uso BIM es vital para una implementación exitosa, sin embargo, dicha experiencia no implica necesariamente el uso de la tecnología BIM. Por ejemplo, el equipo puede haber realizado la planeación del sitio de la obra con anterioridad sin haber utilizado BIM.



**Figura 9.5** Mapa modificado del proceso del uso BIM: Estimación de costos.

Para facilitar la evaluación se utilizó el formato "Análisis de los usos BIM" (ver figura 9.4).

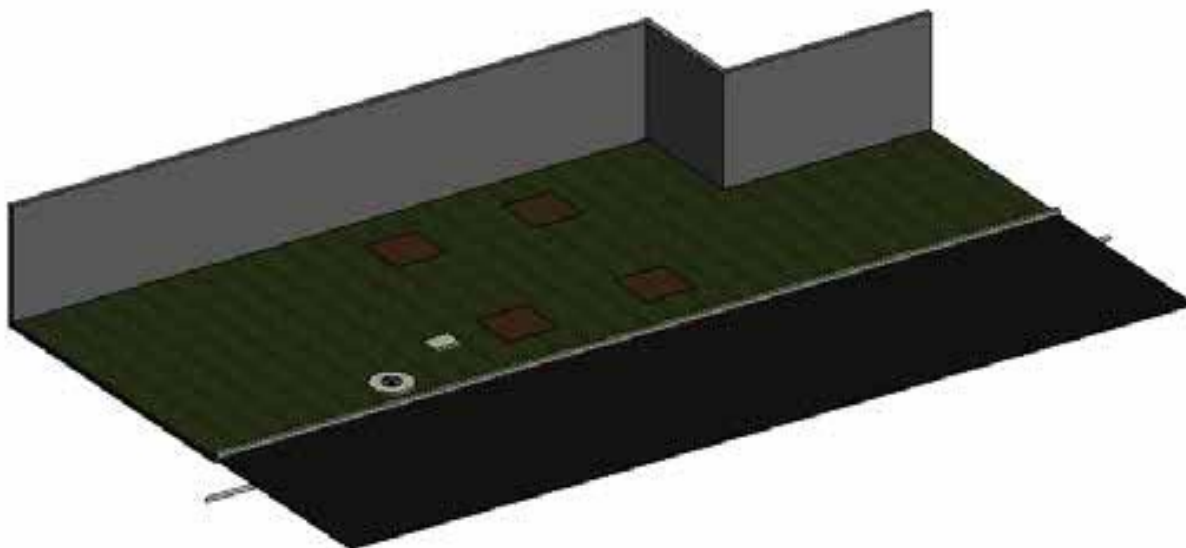
Como parte de la aplicación del documento guía se contempló la realización de los mapas de los procesos de los 5 usos seleccionados, para lo cual se tomaron como base los mapas propuestos en dicho documento; éstos fueron analizados por los equipos del WPI y la UADY, y en algunos casos se realizaron modificaciones respecto a los actores (constructores, arquitectos, etc.); además, se estableció el LOD para los modelos BIM, así como el software propuesto (ver figura 9.5).

Una vez seleccionados los usos BIM ligados a la etapa de construcción, realizadas la evaluación de la factibilidad de implementación de los mismos y la definición de los mapas de los procesos, lo siguiente fue implementar cada uno de los usos BIM, utilizando el modelo BIM de la caseta de vigilancia. Los resultados de dicha implementación se describen en el siguiente apartado.

## RESULTADOS

El uso BIM Modelado de las condiciones existentes, corresponde al proceso en el cual el equipo del proyecto desarrolla un modelo 3D de las condiciones existentes del sitio, edificios en el sitio, o un área específica dentro de un edificio. Este modelo puede desarrollarse de muchas maneras dependiendo de lo que se desea obtener, y que sea eficiente; además puede integrarse con el modelo 4D para la planeación del sitio de la obra que corresponde a otro de los usos BIM (Project Execution Planning Guide, 2011).

La planificación del sitio y la utilización adecuada es un punto crítico que tiene un impacto significativo en el éxito general del proyecto; donde el superintendente y el gerente de proyecto puede sentarse y estudiar los servicios públicos existentes, opciones de acceso al sitio, las condiciones de seguridad y rutas de evacuación, planes de excavación, la colocación de la maquinaria y opciones para las áreas de almacenamiento. Todo esto con el fin de poder tomar las mejores decisiones en cuanto a cómo proceder en la



**Figura 9.6** Modelo correspondiente al uso BIM : Modelado de las condiciones existentes.

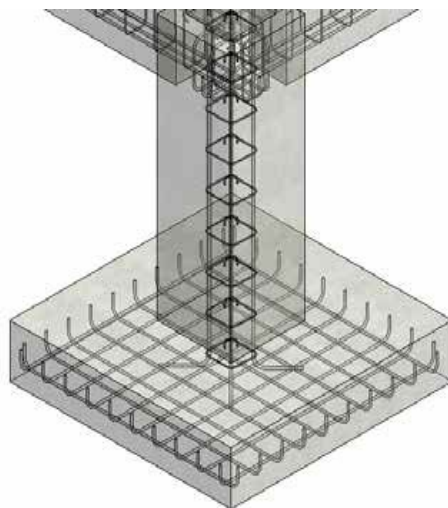
ejecución del proyecto (Jackson, 2010). El alcance de esta investigación no contempla la construcción del proyecto caseta de vigilancia, sin embargo, se acordó darle una ubicación a fin de poder contar con información real para la generación del modelo correspondiente a este uso BIM; por lo anterior, se optó que dicho proyecto se ubicara en las instalaciones de la UAM.

En la (figura 9.6) se muestra el modelo BIM realizado para dicho uso, en el cual se incluyó, todo el terreno disponible para la construcción, elementos constructivos existentes en este caso es una barda, la calle y red de drenaje municipal. El LOD de este modelo puede corresponder al nivel 200, esto debido a que los elementos que se requieren visualizar están representados genéricamente, además de que pueden o no contar con información no gráfica en sus elementos (LOD, 2013); sin embargo, éstos sí contienen información paramétrica como cantidad, tamaño, forma, ubicación, siendo estos datos suficientes para tomar decisiones respecto a este uso BIM.

Este modelo se ubicó geográficamente, para lo cual se utilizó la tecnología SIG (Sistemas de

Información Geográfica), a fin de poder visualizar los componentes del campus universitario, estacionamientos, calles internas, áreas verdes, edificios, etc. Así como también la infraestructura colindante al campus como: puentes, avenidas, terrenos baldíos, comercios, escuelas, hospitales, servicios públicos municipales, accesos al campus, etc., que pudiera ser información importante para la toma de decisiones antes y durante la ejecución del proyecto.

El uso BIM: estimación de Costos con el Modelo BIM, corresponde al proceso en el que un modelo BIM es utilizado para generar volúmenes de obra y estimaciones de costos desde etapas tempranas del diseño. Este proceso también permite a los diseñadores ver el impacto que tienen las ampliaciones o modificaciones del diseño en el costo total del proyecto de forma más rápida a comparación de los procesos tradicionales, con el objetivo de evitar sobrecostos. Por su parte, el uso BIM: Fases de Planeación (Modelos 4D) es el proceso en el cual un modelo 3D se liga a su programa de obra para crear un modelo 4D (modelo 3D con la dimensión del tiempo incluida), y que es utilizado



**Figura 9.7** Detalle de elementos de concreto reforzado

para planear y mostrar la secuencia constructiva de un proyecto y sus requerimientos espaciales en el sitio (Project Execution Planning Guide, 2011).

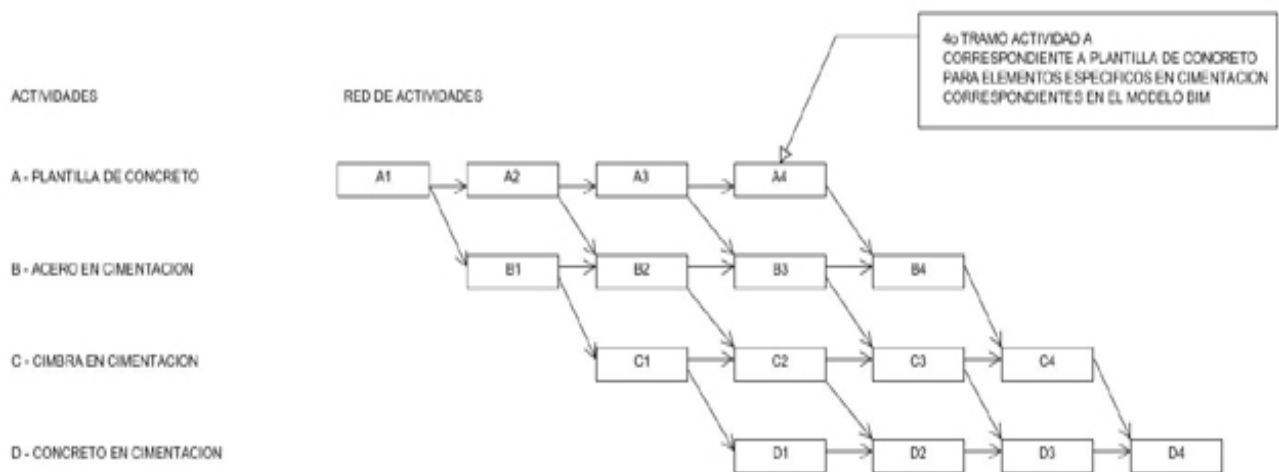
Para los usos BIM: estimación de Costos con el Modelo BIM y Fases de Planeación (Modelos 4D), se desarrolló una herramienta de extensión para Revit usando API (application programming interface), llamada SincoBIM, dicha extensión se aloja dentro de la interface de Revit y está compuesta por seis secciones: Archivo (File), conceptos (Assemblies), proyecto (Project), presupuesto (Budget), modelado (Modelling) y programa de obra (Scheduling). Dentro de las acciones que se realizaron para obtener un modelo aplicable a los usos BIM: Estimación de costos y programación, se generaron cambios en el modelo BIM de la caseta de vigilancia creado por el equipo de diseño; los cuales consistieron en agregar elementos constructivos ligados al catálogo de conceptos, a fin de que la gran mayoría de los elementos que componen dicho catálogo, estuvieran presentes en el modelo BIM.

El LOD para el modelo realizado para dichos usos puede corresponder a un nivel 300, o 400, donde puede variar el nivel de detalle del modelado de cada elemento, así como la información que contiene cada uno de ellos. Por ejemplo para un

castillo, puede ser de nivel LOD 300, ya que este nivel contempla que el elemento incluya la forma y tamaño, y dentro de su información no grafica se debe especificar el tipo y resistencia de concreto así como las características del armado; siendo el castillo cuantificable únicamente por su longitud, el nivel 300 resulta suficiente para obtener la cantidad del elemento; sin embargo, para los elementos de concreto reforzado (zapatas, trabes, contratraves y columnas) el nivel LOD que se requiere es 400, ya que dicho nivel contempla contener además de forma y tamaño, el modelado del acero de refuerzo por mencionar un detalle. Por lo anterior para el proyecto caseta de vigilancia se modelaron los elementos de concreto reforzado con un nivel LOD 400, tal como se ilustra en la figura 9.7.

Realizar el modelado del acero en los elementos de concreto reforzado del proyecto caseta de vigilancia, permitió determinar de forma precisa las cantidades de acero, ya que esta información se obtiene directamente del modelo BIM, sin necesidad de calcularlo por medio de fórmulas o porcentajes para los ganchos.

Para la estimación de costos asociados al modelo BIM, la API SincoBIM permite asociar cada uno de los conceptos de obra a uno a varios elementos



**Figura 9.8** Secuencia de actividades

del modelo BIM según sea el caso; esto puede realizarse seleccionando dichos elementos tocando el modelo, sin embargo, en el caso de que el modelo no contenga un elemento constructivo (como puede ser el perfilado de aristas) la API permite poder incluir en el presupuesto conceptos de obra que no estén contenidos en modelo BIM.

Para la aplicación del uso BIM: Fases de Planeación (Modelos 4D), la API SincoBIM permite realizar dentro de Revit el programa de obra donde la ventaja respecto a la forma tradicional de realizar un programa de obra es que se puede asociar cada uno de los componentes de la estructura de desglose del programa de obra a los elementos que componen el modelo BIM, pudiendo conocer cuáles son y dónde están ubicados los elementos construidos y los que están por construir; a diferencia de la forma tradicional donde se conoce sólo el avance porcentual del componente de la estructura de desglose.

Como ejemplo, si se tiene la programación del concepto de obra plantilla de concreto para zapata, se puede conocer cuáles y cuantas plantillas ubicadas en el modelo BIM ya se construyeron en la primera etapa y cuáles se van a construir en las siguientes etapas; permitiendo identificar problemas puntuales en el programa de obra y secuencia de actividades, para poder hacer reprogramaciones (ver figura 9.8).

El uso BIM: coordinación en 3D es el proceso en donde los modelos 3D de los principales sistemas de un proyecto se integran, usando un software para detección de interferencias, y se revisan durante el proceso de coordinación de los participantes del proyecto, para identificar posibles conflictos durante la etapa de construcción, como pudiera ser que alguna instalación hidráulica atravesase una trabe, una columna o una ventana; o que el modelo estructural no coincidiera con el arquitectónico (Project Execution Planning Guide, 2011); para el proyecto de la caseta de vigilancia se utilizó el software Naviswork.

El uso BIM: Planeación de la Utilización del Sitio es el proceso en el cual el modelo 4D de la caseta de vigilancia es usado para representar, de manera gráfica, las construcciones permanentes y temporales que hay en el sitio. A este modelo se le agrega información de los recursos de mano de obra, materiales y ubicación de equipos. Dado que los componentes del modelo 3D están directamente ligados al programa de obra para crear el modelo 4D, las funciones de administración del sitio de la obra (como visualización de la planeación, re-planeación a corto plazo y recursos) pueden ser analizados con diferentes datos espaciales y temporales,



permitiendo identificar la mejor ubicación para almacenar los materiales, o las rutas más seguras para el paso continuo de la maquinaria, así como el espacio que se requiere para sus maniobras, esto asociado a las fases de la construcción de un proyecto. (Project Execution Planning Guide, 2011).

Para la caseta de vigilancia se modelaron elementos volumétricos para: bodega de materiales, agregados, estibado y habilitado de acero, ubicación de viguetas, bovedillas y block, áreas de paso de camiones y maquinarias, etc. Estos elementos se realizaron con un LOD 200 debido a que no se requiere elementos modelados al detalle, solo se requiere la forma del espacio que ocupan dentro del terreno.

## CONCLUSIONES

- La aplicación del documento guía para el desarrollo del proyecto establecido, mostró la interacción que se generó con los intercambios de información entre los equipos de diseño y construcción.
- Detallar elementos constructivos a un LOD 300 o 400 permite determinar de manera rápida y precisa la cuantificación de volúmenes de obra y el costo de un proyecto.
- La fase de planeación (modelos 4D) es una herramienta poderosa de visualización y comunicación, que le da al equipo del proyecto un mejor entendimiento de la planeación de la construcción, y le permite identificar la secuencia constructiva óptima del proyecto.
- Realizar la coordinación 3D elimina los conflictos que pudieran presentarse en la obra, permitiendo realizar proyectos más detallados y exactos, lo cual provoca disminución en los costos de la construcción.
- La planeación del sitio de la obra permite organizar los espacios disponibles en la obra para evitar conflictos durante la ejecución de los proyectos.

- Definir un modelo BIM en base a un uso específico permite optimizar la utilidad de los modelos y reducir esfuerzos en el modelado.

## BIBLIOGRAFÍA

Jackson B., (2010). "Construction Management Jump Start2". Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, E.U., second Edition.

Kreider R. and Messner J., (2013). "The Uses of BIM Classifying and Selecting BIM Uses Version 0.9". Penn State Computer Integrated Construction.

Kymmell W., (2008). "Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations". EEUU, McGraw-Hill.

LOD, (2013). "Level of Development Specification for Building Information Models". EEUU, by BIMForum.

Project Execution Planning Guide, (2011). Disponible en: <http://bim.psu.edu/Project/resources/>. Recuperado 26 de enero de 2014.

Reddy K., (2012). "BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects". EEUU, John Wiley & Sons.





**M. I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
zgrife72@uady.mx

**M.I. Romel Gilberto Solís Carcaño**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
tulich@correo.uady.mx

**Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
bpereyra@uady.mx

10

---

DISEÑO, DESARROLLO Y USO DE UN GESTOR  
PARA LA PERSISTENCIA DE LOS CONOCIMIENTOS  
DE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)



## RESUMEN

La investigación requiere de tener acceso a lo último en información relevante sobre temas específicos. La información se encuentra de manera dispersa en diferentes medios. Para lograr avances significativos en grupos disciplinarios de investigación, se requiere de un medio para compartir la información documental encontrada, así como también las observaciones y conclusiones que se puedan realizar sobre la revisión y análisis de dichos documentos. En este trabajo se presentan: el diseño, desarrollo y ejemplos de uso de un gestor y una base de conocimientos sobre el tema específico de Building Information Modeling. Este gestor fue desarrollado como una aplicación dinámica para la web para que la situación geográfica de los investigadores no sea un impedimento para la compartición de la información.

Asimismo, la plataforma permite almacenar la información básica y relevante de documentos científicos tales como: Artículos, Libros, Ponencias, monografías, etc. Así como también permite realizar la clasificación por medio de múltiples palabras clave, que el usuario puede designar. También permite la anotación de observaciones por parte de los investigadores para compartir sus ideas y sus notas sobre los documentos almacenados en la base después de su revisión y análisis. Se considera que este trabajo permitirá una mejora en la productividad de investigadores sobre cualquier temática.

Palabras clave: BIM, Gestor de información, Base de conocimientos.

## ABSTRACT

Research activities require access to latest relevant information about specific topics. Information can be found scattered in different media. To make important contributions, research groups require a space to share documents, conclusions and observations that can be result from analysis of such information as well. In this work, design, developing and use samples are presented for a platform connected to knowledge base about Building Information Modeling BIM. This platform was developed as a web dynamic application in order to make easier sharing information and documents. Also, this platform allows to persist information about documents such as papers, books, proceedings, thesis, etc. Classification can be made on those documents using multiple user defined keywords. Also the users can add some notes and reviews in order to share ideas, insights about such documents. The authors of this works believe that using of this platform will contribute to a better work productivity.

Keywords: BIM, Information manager, knowledge base.

## INTRODUCCIÓN

La investigación requiere de tener acceso a lo último en información relevante sobre temas específicos. La información se encuentra de manera dispersa en diferentes medios. Para lograr avances significativos en grupos disciplinarios de investigación, se requiere de un medio para compartir la información documental encontrada, así como también las observaciones y conclusiones que se puedan realizar sobre la revisión y análisis de dichos documentos.

Es por lo anterior que los autores se dieron a la tarea de diseñar y desarrollar una plataforma para la persistencia de documentos científicos sobre el tema específico acerca de Building

Information Modeling. Esto debido a que los autores son miembros de la Red Académica de Integración Diseño y Construcción (RAIDC) misma que desde hace algunos años ha adoptado la línea de investigación sobre BIM. Los requerimientos principales de la plataforma que los autores determinaron como necesarios son:

- Lograr que tanto usuarios miembros de la (RAIDC) como usuarios invitados que así lo soliciten hagan persistir información sobre documentos científicos de BIM en un formato que permita compartir impresiones, observaciones y notas acerca de los mismos.
- Poder clasificar desde distintos puntos de vista los documentos recopilados.
- Poder realizar consultas sobre los documentos científicos contenidos en una base de datos a manera de fichas bibliográficas.
- Que toda la información de la plataforma sea accesible desde internet.

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar y programar un gestor para la persistencia y clasificación de documentos científicos acerca de Building Information Modeling (BIM).

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Diseñar un gestor para la persistencia y clasificación de documentos científicos acerca de BIM. Programar una plataforma basada en web para implementar el gestor diseñado.

## DESARROLLO

Con el objeto de obtener un producto de calidad, se realizó un diseño integral de la plataforma del gestor que siguió las recomendaciones del "4+1" según Krutchen. Este modelo se centra en los casos

de uso que los usuarios tienen que poder realizar en la plataforma. De los requerimientos de persistencia de la información de documentos científicos acerca de BIM se identificaron los casos de uso que se enumeran y explican en la Tabla 1. Los principales casos de uso se refieren a los de tipo crear, leer, actualizar y eliminar de las siglas en inglés (CRUD, create, read, update, delete).

### Casos de usos

1. Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Institución.
2. Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Autor.
3. Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Editorial.
4. Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Keyword.
5. Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Documento.
6. Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase AutorDocumento.
7. Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Keyword Documento.
8. Permite crear, leer, actualizar y eliminar instancias de la clase Usuario.

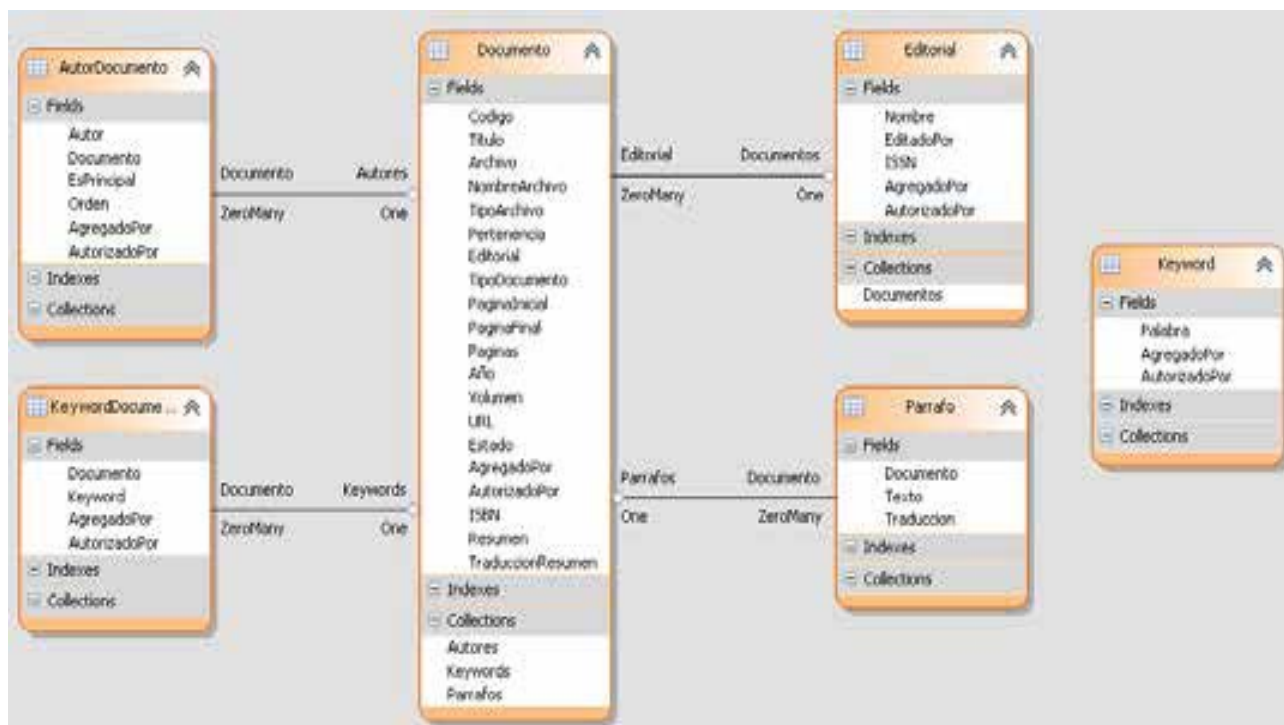
La programación de la plataforma del gestor se realizó utilizando el paquete Microsoft Visual Studio Professional 2013 junto con las herramientas y componentes ASP.NET de DevExpress 13.2. Se escogieron los componentes DevExpress 13.2 porque implementan la tecnología AJAX que permite realizar consultas al servidor y cambios en áreas muy específicas en las páginas del cliente sin tener que volver a cargar toda la página. Para facilitar el acceso a los potenciales usuarios, se escogió desarrollar la plataforma del gestor orientada al internet y los dispositivos móviles tales como teléfonos, tabletas y laptops. Debido a que los costos de hospedaje de las aplicaciones web basadas en sistema operativo Windows han descendido en los últimos años y por la facilidad

de programación en ASP.NET se ha escogido este lenguaje. Debido a que ASP.NET utiliza como lenguaje Visual Basic o C# para programar la funcionalidad de las páginas web de la aplicación desde el lado del servidor y que utiliza un lenguaje robusto orientado a objetos, la implementación de la funcionalidad de la plataforma es directa. Asimismo, la estructura y contenedores de las páginas web que serán desplegadas del lado del cliente a petición del usuario a través de un explorador web, utiliza un lenguaje denominado "Markup Language" el cual es una implementación especial de código XML para interpretar la forma en la que se formará la vista o interface de usuario en el navegador que utilice el usuario cliente.

### RESULTADOS DISEÑO

Se determinó que para hacer persistir un documento científico factible de persistir en una base de datos y además poderse clasificar, fue necesario establecer un marco de trabajo a partir de un modelo de persistencia que definiera las clases necesarias que darían forma a la plataforma del gestor. En el diseño del modelo de persistencia de las clases del gestor fueron determinadas a partir de los requerimientos las clases que se muestran en las Figuras 10.1 y 10.2. Como es posible puede observar en la Figura 10.1 se identificó la clase persona la cual sirvió para derivar las clases autor e institución por compartir atributos similares utilizando la herencia. La clase usuario cuenta con toda la información necesaria para que un usuario de la plataforma puede acceder a ella. Un atributo importante de la clase usuario es el de Tipo ya que establece los permisos que tiene el usuario en la plataforma.

Están definidos tres tipos de usuario: moderador, miembro y visor. El moderador tiene todos los permisos para editar la información así como cambiar de tipo y estado a otros usuarios de la plataforma. El usuario miembro puede ver y subir información a la plataforma. Mientras que el usuario visor solamente puede visualizar y realizar



**Figura 10.1** Modelo de persistencia de las clases con sus atributos parte 1/2

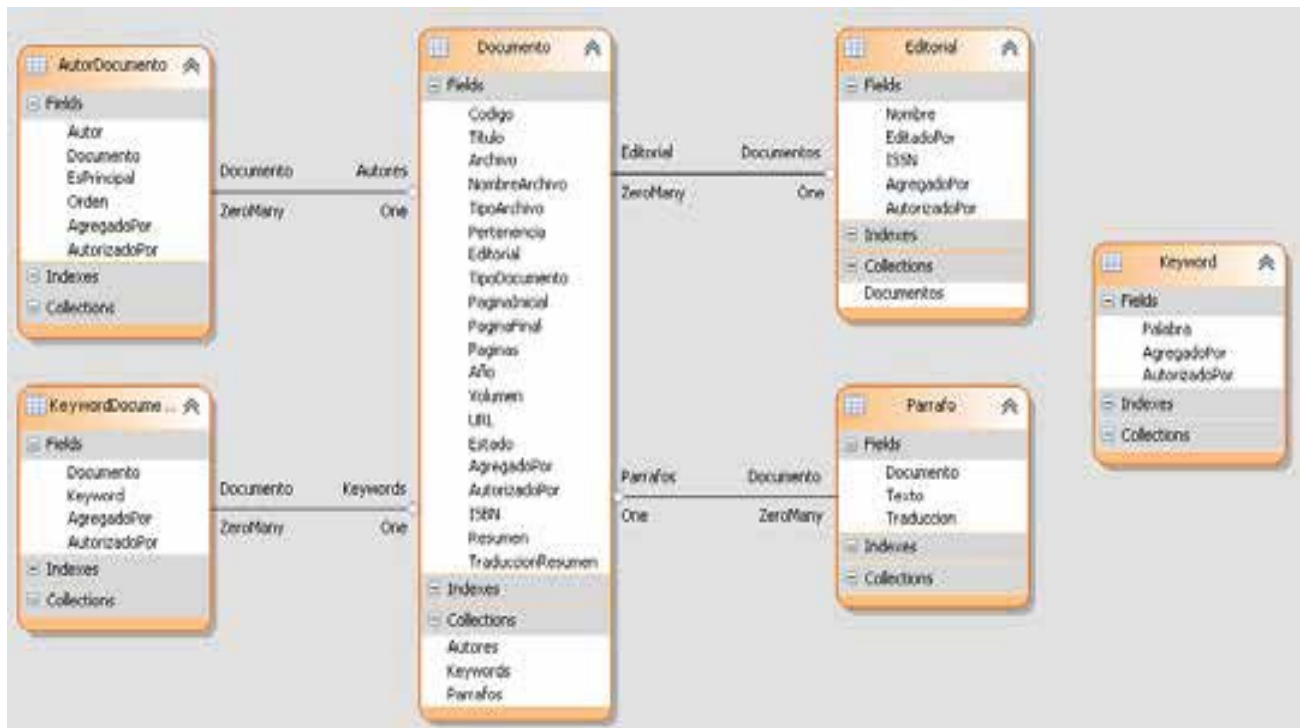
consultas con el gestor. Cuando un usuario se registra en la plataforma del gestor es puesto como usuario tipo Visor. Si desea agregar información lo debe solicitar a alguno de los usuarios moderadores de la plataforma.

En la Figura 10.2 se describe el modelo del documento científico que se puede hacer persistir en la plataforma. Este documento puede tener autores relacionados, editoriales relacionadas, keywords o clasificadores relacionados así como también párrafos que se consideren importante el mismo. El modelo del documento permite establecer toda la información necesaria sin importar el tipo de documento de que se trate pudiendo ser entre los más comunes por mencionar algunos: artículos, memorias, libros, sitios web, tesis, monografías, entre otros. Además de la clasificación con la que el documento fue publicado originalmente el usuario puede agregar más clasificadores al documento para facilitar su recuperación con el uso del gestor. Las observaciones

o notas que se puedan agregar a los párrafos permiten compartir información adicional producto de la revisión del documento con otros usuarios. El documento puede ser relacionado con la casa editorial si éste es el caso. Se pueden colocar datos como las páginas, el volumen, la dirección web, etc.

## INTERFACE DE USUARIO

Debido a que la plataforma del gestor se pensó que fuera para la web y al mismo tiempo que funcionara en dispositivos móviles entonces se utilizaron colores y estilos de fuente que fueran accesibles a los usuarios sin importar el tamaño o resolución del dispositivo donde se utilice el gestor. En la Figura 3 y 4 se muestran a manera de ejemplo algunas capturas de pantallas pertenecientes a algunas partes de la plataforma del gestor mostrando los elementos más comunes de la interface de usuario. El elemento común en todas las páginas del gestor es el menú principal de la plataforma.



**Figura 10.2** Modelo de persistencia de las clases con sus atributos parte 2/2

Con este menú el usuario puede acceder a las diferentes opciones de captura y visualización de las entidades que conforman la información de los documentos de la base del conocimiento. Cada página tiene además de manera general un catálogo para seleccionar una entidad y poder editar o eliminar según se requiera. También se cuenta con una serie de comandos que permiten agregar entidades nuevas, aplicar los cambios realizados sobre la entidad seleccionada y eliminar la entidad actualmente seleccionada. Como se puede observar en las Figuras 10.3 y 10.4 la información desplegada así como la funcionalidad de interacción con las páginas web desplegadas en el explorador web es de uso intuitivo y fácil operación. En todo caso se despliegan mensajes después de cada operación que retroalimentan al usuario acerca del estado final de cada una de ellas. Por ejemplo, si el usuario intenta eliminar un registro que no agregó el mismo, la página desplegará un mensaje diciendo que no se puede

eliminar debido a que el usuario que realizó la petición de borrado no coincide con el usuario que dio de alta la información. Esto es una de las reglas básicas de operación de la plataforma. Solo se pueden eliminar registros por el usuario que los dio de alta. A menos que por limpieza el usuario moderador requiera eliminar algún registro específico sin importar la regla.

El uso de la plataforma, ha permitido crear una base del conocimiento acerca de BIM que los miembros de la Red Académica de Diseño Construcción pueden consultar y seguir incrementado. La facilidad de la interface de usuario permite contar con una herramienta de trabajo amigable y que dado que se puede consultar desde cualquier dispositivo que cuente con acceso a internet es posible trabajar con ella prácticamente en cualquier lugar.





Menú principal del Gestor

**Institución:** 19 - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**Datos Generales**

**Old:** 19 **Agregado Por:** zgrife@gmail.com (Miembro)

**País:** México

**Nombre:** UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**Dirección:** AZCAPOTZALCO

**Botones de Comandos**

+ ✓ ✕

Selector de Entidades de tipo Institución

Información de la Entidad Institución actualmente seleccionada

Botones de Comandos

**Figura 10.3** Página de captura de Instituciones en la plataforma del gestor (vista del cliente). (Fuente elaboración propia)



Menú principal de la plataforma

**Documento:** 1 - Administración de los materiales de construcción

**Datos Generales**

**Old:** 1

**Agregado Por:** zgrife@gmail.com (Miembro)

**Editorial:** 3 - Ingeniería - Revista de la Facultad

**Título:** Administración de los materiales de construcción

**Resumen:**

**Página Inicial:** 12 **Página Final:** 15 **Páginas:** 4

**Año:** 2009 **Volumen:** 14

**URL:** www.ingenieria.uady.mx

**ISBN:** asdasd123.123.123.123.123

**Autores:** Zaragoza Grife, Jesús Nicolás Solís Ca

**Keywords:** Building Information Modeling (BIM), Cr

**Nombre Archivo:**

**Botones de Comandos**

+ ✓ ✕

Catálogo de selección de documentos

Información del documento actualmente seleccionada

Comandos para la relación de autores y keywords

Comandos para gestionar los documentos

**Figura 10.4** Página de captura de Documentos en la plataforma del gestor (vista del cliente). (Fuente elaboración propia)

## CONCLUSIONES

La plataforma web diseñada y desarrollada para el gestor de persistencia y clasificación de los conocimientos científicos acerca de BIM es un apoyo que brindan las tecnologías de información para la mejora del proceso de adquisición, clasificación y revisión de documentos pertenecientes a ésta área específica del conocimiento. Asimismo, se fortalece el trabajo en equipo de los miembros de la Red Académica de Diseño Construcción ya que al compartir impresiones, notas y observaciones sobre la información recopilada y clasificada en la plataforma se les permite trabajar con mayor eficiencia en la preparación de documentos científicos tales como artículos o memorias en extenso.

Además de que los usuarios pueden acceder a la plataforma del gestor desde cualquier dispositivo que cuente con una conexión a internet (Tablet, laptop, teléfono, etc.) lo que facilita su uso al trabajar en lugares públicos tales como bibliotecas y librerías en facultades y universidades. Por último, la plataforma permite extenderse hacia otras áreas o temáticas del conocimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

Philippe Kruchten, P. "Architectural Blueprints – the "4+1" View Model of Software Architecture": <http://www.cs.ubc.ca/~gregor/teaching/papers/4+1view-architecture.pdf>

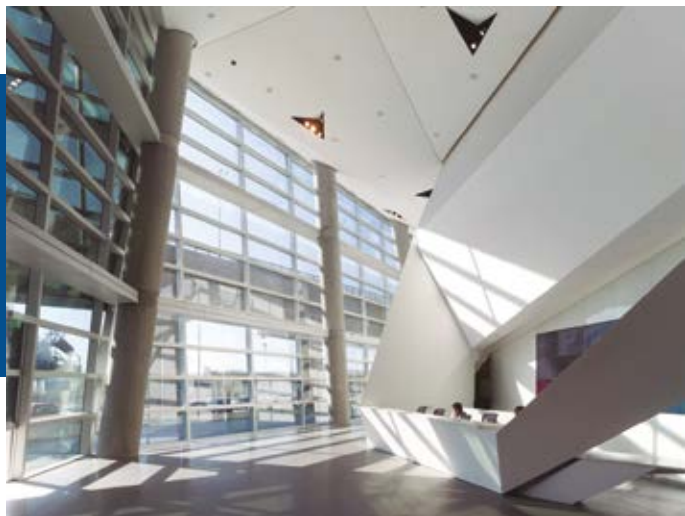
Microsoft Visual Studio Professional, 2013, EUA, [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)

DXExperience ASP.NET, 13.2, EUA, [www.dxexpress.com](http://www.dxexpress.com)

Asynchronous JavaScript And XML (AJAX), [ajax.asp.net/](http://ajax.asp.net/)

Extensible Markup Language (XML), [www.w3.org/XML/](http://www.w3.org/XML/)





**I.C. Maricela Laguna Hernández**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
mari\_laguna@hotmail.com

**M.I. Selene Aimée Audeves-Pérez**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
selene.audeves@uady.mx

**Dr. Gilberto Abenamar Corona Suarez**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
csuarez@uady.mx

**Ing. Nicolás Zaragoza Griffé**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
zgrife72@tunku.uady.mx

11

---

PROPUESTA PARA GENERAR MODELOS DE  
CONSTRUCCIÓN BIM DE PROYECTOS DE  
EDIFICACIÓN



## RESUMEN

El uso de nuevas tecnologías de información contribuye a la atenuación de los efectos producidos por la división de los procesos necesarios para la ejecución de los proyectos de ingeniería, entre otras causas. La adopción y uso actual del Building Information Modeling (BIM) proporciona una base para la gestión y conducción de proyectos, cuya información contenida en un modelo inteligente se puede relacionar a las etapas del ciclo de vida de los proyectos de edificación.

El objetivo general de este trabajo de investigación es la determinación de los criterios para generar modelos BIM aplicables en la etapa de construcción de los proyectos de edificación en el estado de Yucatán. La metodología planteada consiste en llevar a cabo un estudio de caso sobre un proyecto de edificación, el cual será analizado para determinar los conceptos de obra que serán los componentes del modelo BIM de construcción y se desarrollará un instrumento en formato digital (cédula) para la recopilación de datos. Una vez concluido el modelo BIM, se obtendrán las directrices para su elaboración, así como una librería de objetos paramétricos para cada componente del modelo y se realizará un diagrama de flujo para exponer la secuencia de generación del modelo BIM.

Palabras clave: modelo inteligente, Building Information Modeling, construcción.

## INTRODUCCIÓN

A través de los años, la ejecución de los proyectos de ingeniería ha sufrido una evolución en cuanto a los procesos necesarios para la realización de los proyectos al haberse ido dividiendo con el paso del tiempo, ya que en la antigüedad una misma persona era la responsable de diseñar y construir edificios, y en la actualidad el número de personas involucradas en la gestión de proyectos ha ido en aumento.

Adicionalmente, en las etapas de diseño y construcción la cantidad, diversidad y manejo de información son considerables, ya sea por la complejidad y el tamaño del proyecto, la necesidad de visualización y análisis técnico en su etapa de diseño o la gran variedad de procesos y materiales que se requieren en la etapa de construcción (Bjork 1995). Estos cambios han traído consecuencias tales como fallas en la colaboración y coordinación entre quienes gestionan los proyectos, la pérdida de información al trasladarse de una etapa a otra, entre otras.

El uso de nuevas tecnologías de información es una contribución para atenuar dichos efectos. La adopción y uso actual del Building Information Modeling (BIM) proporciona una base para la gestión y conducción de proyectos, cuyo aspecto más interesante a largo plazo es la extracción y análisis de la información contenida en un modelo inteligente (Reddy 2012), la cual es variada y programada en objetos específicos o componentes del modelo de una manera estructurada y se puede relacionar a las etapas del ciclo de vida de los proyectos de edificación.

El modelo inteligente, llamado también modelo BIM, se crea para eliminar las ineficiencias que se presentan en la ejecución del proyecto, ya que contiene datos de manera organizada y definida, lo cual permite la identificación, manejo e intercambio de la información con mayor facilidad. Además, si en él se reflejan todos los cambios que se realizan

desde el diseño, se tendrán los datos actualizados en cada etapa del proyecto, pudiendo transferir la información sin pérdida o duplicación, ya que la información en el modelo es consistente.

Por otra parte, aunque BIM es relativamente una tecnología nueva y la industria de la construcción en México está en transición, adoptando y aprendiendo a utilizar efectivamente una nueva generación de herramientas de modelado, la implementación de esta tecnología no ha logrado ser tan extensiva.

Adicionalmente, aun cuando se ha demostrado que la extracción de la información del modelo BIM se puede automatizar, por ejemplo en forma de reportes para determinar cantidad de materiales, estimación de costos y programación de obra (Jeong, Eastman, Sacks, Kaner 2009), no se cuenta con las directrices para la generación de modelos BIM de proyectos de edificación, que consideren los procesos constructivos del estado de Yucatán.

Por lo que la importancia de este estudio radica en la obtención de los criterios para la generación de modelos BIM de proyectos de edificación que puedan ser utilizados en la etapa de construcción en la región, con los cuales se contribuya a la integración del diseño y la construcción y a la utilización de la tecnología BIM a nivel local.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este documento se presentan los elementos bajo los cuales se desarrolla el trabajo de investigación, cuyo objetivo general es determinar los criterios para generar modelos BIM aplicables en la etapa de construcción de los proyectos de edificación en el estado de Yucatán. Además de los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la información necesaria a incluir en los componentes del modelo BIM que será utilizado en la etapa de construcción de los proyectos de edificación de la región.



- Determinar la secuencia de modelado requerida para la generación del modelo BIM.
- Determinar el nivel de detalle que se necesita en el modelado de los componentes del modelo BIM para que sean de utilidad en los procesos que se realizan en la construcción de proyectos de edificación de la región.
- Determinar las familias más adecuadas para la reazón del modelo BIM de un proyecto de edificación de la región.

Para la elaboración del marco teórico que sirva como sustento a la investigación, se consultó información relacionada a la desintegración de los procesos de diseño y construcción en la ejecución de los proyectos; el uso, ventajas, riesgos, retos e interoperabilidad de la tecnología BIM; a la creación y tipos de modelos BIM, así como la información relacionada al proyecto que pueden contener estos últimos.

Adicionalmente, para conocer el grado de implementación de BIM en México y el extranjero, se realizó una exploración sobre la aplicación de la tecnología BIM en el diseño y/o construcción de los proyectos. En los siguientes subtemas se describe la información más relevante sobre la revisión bibliográfica realizada.

### **DESINTEGRACIÓN DEL DISEÑO- CONSTRUCCIÓN Y LA IMPORTANCIA DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LA INTEGRACIÓN**

En la actualidad, la manera en que se diseña y construye un edificio es el resultado de la evolución del proceso de diseño y construcción desde la integración implícita que existía en la antigüedad, en donde una misma persona era la encargada de diseñar y construir edificios, hasta la separación explícita de las actividades basada en el ideal de la especialización y conocimiento profesional experto que rige hoy día.

A lo largo de la historia la relación entre diseño y construcción se ha hecho cada vez más distante y desintegrada, con una progresiva separación de las actividades involucradas en la producción de edificios. De acuerdo a Loyola (2010), la primera gran revolución en la relación diseño-construcción ocurrió en el Renacimiento, cuando por primera vez en la historia surgió la Figura del arquitecto disociada de la construcción y ligada exclusivamente a la etapa de diseño. A su vez, el incremento del alcance de los proyectos de construcción también ha llevado al desarrollo de varias disciplinas profesionales necesarias para manejar esta complejidad.

Las actividades involucradas en la producción de edificios deben estar integradas, con el propósito de lograr un mismo objetivo. Por lo tanto se considera conveniente en primer lugar, mantener una base de datos con la información de un proyecto desde su concepción y diseño hasta su construcción, operación y mantenimiento.

En este sentido, Bjork (1995) expone que el uso de tecnologías de información (TI) en la construcción es indispensable, en especial en áreas en las que se requieren cálculos técnicos, dibujos, plasmar por escrito las especificaciones del proyecto, calcular el costo del mismo o su programación. Uno de estos avances tecnológicos es la tecnología denominada Building Information Modelling (BIM) o Modelado de Información de Edificios, la cual puede ser definida desde el punto de vista de procesos y tecnología. El Instituto Nacional de Ciencias de Edificios (NIBS por sus siglas en inglés) en su estándar nacional define a la tecnología BIM como "la representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación", edificio o proyecto de construcción. La cual sirve como fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación, al formar una base fiable compuesta de objetos inteligentes en vez de líneas, arcos y texto.

Por lo anterior, BIM es también una vía para compartir datos a través del ciclo de vida del edificio. Estos datos pueden incluir información del diseño inicial, geoespacial, financiero, legal, mecánico, eléctrico e hidráulico, especificaciones de productos de construcción, resultados del modelado de medio ambiente y energía, así como otra información que puede ser usada durante el ciclo de vida del proyecto, de manera colaborativa por arquitectos, ingenieros, contratistas, el dueño y los administradores de la instalación después de que el proyecto es concluido (Report 2007).

Los autores Smith y Tardif (2009) exponen que con frecuencia se piensa en BIM como geometría, con una tendencia a perder de vista el significado de la "I", el cual es información. Por lo que se debe tener en cuenta que muchos de los datos contenidos en el modelo BIM sobre el edificio son alfanuméricos y al estar de manera estructurada, podrán ser manipulados por algoritmos simples diseñados para distinguir cualitativamente los valores que se contengan en estos.

### **DEFINICIÓN, VENTAJAS, RIESGOS Y RETOS PARA BIM**

De acuerdo al documento BIM Project Execution Planning Guide, la tecnología BIM "es un proceso enfocado en el desarrollo, uso y transferencia de un modelo de información digital de un proyecto de edificación para mejorar el diseño, construcción y operación del proyecto o sus instalaciones" (CIC 2011), cuyo objetivo es integrar, estandarizar y codificar las mejores prácticas dentro de todas las etapas de la industria de la construcción.

Los autores Schlueter y Thesseling (2009) indicaron que el compartir la información generada de manera confiable, sirve de apoyo en la toma de decisiones por parte de los involucrados durante el ciclo de vida del proyecto.

Por otra parte, Kymmell (2008) expone como característica de BIM la simulación de la construcción de un proyecto en un ambiente virtual, con la ventaja de llevarse a cabo en una computadora a través del uso de software, lo cual implica que es posible practicar la construcción para experimentar y hacer ajustes al proyecto antes de que sea construido. Por lo que en caso de errores virtuales no se tienen consecuencias serias por lo general, siempre y cuando sean identificados y abordados lo suficientemente pronto para que puedan ser evitados durante la construcción.

De acuerdo a Salman et al. (2009), entre los riesgos de la tecnología BIM se encuentran el legal sobre la propiedad intelectual de la información y el no tomar en cuenta quién será responsable de controlar la entrada de datos en el modelo y de cualquier inexactitud en él. Asimismo, algunos de los retos que exponen se relacionan con la necesidad de un proceso de transacción para eliminar problemas en la interoperabilidad de datos muy bien definido y la necesidad de una estrategia práctica y bien desarrollada para el intercambio decidido e integración de información significativa a través de los componentes del modelo.

### **MODELOS BIM**

Kymmell (2008) define al modelo BIM como una abstracción de la realidad, cuyo nivel de detalle para que sea exitoso depende de su propósito y del nivel de comprensión de quienes lo vean.

Básicamente, el propósito de la simulación determinará las especificaciones para el modelado, además de encontrarse relacionado a la fase del proyecto para la que se desarrolle. Para definirlo se deberá establecer cuanto detalle necesita ser representado en el modelo y sus componentes, así como cuanta información necesita contener o adjuntar. La naturaleza de los componentes del modelo se direcciona primeramente a los que necesitan ser modelados y como dichas partes

serán representadas en el modelo, siendo ésta una descripción de los parámetros físicos de los objetos.

De acuerdo a los autores Grilo y Jardim-Goncalves (2010a), los modelos virtuales pueden ser modelos superficiales o sólidos. Los modelos superficiales son sólo para propósitos de visualización y sus componentes contienen información respecto al tamaño, forma, ubicación, etc., lo cual facilita el estudio de los parámetros visibles de un proyecto. Por el contrario, los modelos inteligentes o modelos BIM contienen más información que los superficiales, contienen componentes paramétricos y son generados típicamente con modeladores sólidos, por lo que son conocidos como modelado orientado a objetos.

La información física del edificio contenida en el modelo incluye las dimensiones del objeto (tamaño), ubicación en relación a otros en el modelo, cantidad de estos en el modelo y otra información paramétrica acerca del objeto. "Paramétrica" se refiere a la información que distingue un componente particular de otro similar y en virtud de que está contenida en los componentes del modelo, puede ser recuperada y utilizada (Kymmell 2008).

Para la etapa de construcción es necesario reevaluar la naturaleza de BIM y evaluar si será capaz de proveer la información necesaria para los procesos de gestión en ésta etapa del proyecto. El modelo puede funcionar en reuniones regulares del equipo de construcción para visualizar, analizar, discutir y/o coordinar requerimientos de instalación para subcontratistas, así como temas de seguridad, la secuencia de construcción, etc. y puede contener la información concerniente al estado de sus componentes en la fabricación, instalación y etapas de cobro y pago (Kymmell 2008). Schlueter y Thesseling (2009) exponen que uno de los objetivos de la tecnología BIM es lograr que la cooperación entre los participantes del proyecto en el proceso de construcción sea más

eficiente, lo cual se logra al guardar información relevante al diseño en el modelo BIM en cada paso de este proceso.

## INFORMACIÓN DEL PROYECTO EN EL MODELO

De acuerdo a Kymmell (2008), la información más básica del modelo está relacionada a los parámetros físicos, como el tamaño, ubicación y cantidad, sin embargo se puede introducir más información en los objetos del modelo, tales como especificaciones de material, número de modelo, proveedor, etc. También información relacionada al tiempo puede ser vinculada a los componentes, la cual permitirá la programación de órdenes, fabricación y tareas de instalación, o información referida a otros tipos de archivos de computadora como e-mail, órdenes de compra, sitio web de quien manufactura, especificaciones de instalación, información de costo y contable del proyecto. Sin embargo, como los modelos BIM pueden ser creados en cualquier fase de ejecución del proyecto, la información contenida en el modelo dependerá de la etapa en desarrollo, ya que la naturaleza, nivel de detalle y cantidad de datos también cambia. Ésta puede ser clasificada en:

- Información de los componentes: es la información más básica que debe ser interoperable. Sirve para la visualización y va de acuerdo al propósito del modelo (i.e. una pared con información de materiales o cuantitativa como área, volumen, etc.)
- Información paramétrica: es la información editable contenida en el objeto paramétrico, incluida en él. Puede ser visual o inteligente (i.e. números de parte, cualidades de los materiales como la densidad)
- Información ligada: no es parte del modelo, pero se conecta a través de vínculos invisibles (FLAGS). Por ejemplo, ligada a una base de datos con información sobre el costo.

- Información externa: es la información generada en forma separada de BIM (i.e. programación de obra, especificaciones del producto). Esta puede ser vinculada o permanecer autónoma.

## INTEROPERABILIDAD EN LA TECNOLOGÍA BIM

El intercambio de información en la tecnología BIM se da a través de la interoperabilidad, la cual es definida a menudo como la habilidad para implementar y administrar relaciones de colaboración entre los miembros de equipos interdisciplinarios que permite la ejecución de proyectos integrados. Adicionalmente, desde un punto de vista tecnológico, la interoperabilidad es la habilidad de gestionar y comunicar productos electrónicos e información del proyecto entre las empresas que colaboran.

La interoperabilidad permite la eficiencia en un nivel práctico ya que si todos los miembros de un equipo de construcción pueden intercambiar información libremente a través de diferentes plataformas y aplicaciones, cada uno de sus miembros podrá integrar de mejor manera el modo de llevar a cabo el proyecto; siendo ésta la razón por la que los temas de interoperabilidad están ganando atención con el uso de BIM. Es un hecho que la información de BIM es compartida entre los que integran el equipo por lo que como resultado, la interoperabilidad de la tecnología es un factor importante. El reingresar datos de BIM a otras aplicaciones o plataformas utilizadas genera desperdicio y una duplicación costosa (Report 2007).

En cuanto a la interoperabilidad entre los programas de computadora, los autores Smith y Tardif (2009) definen la interoperabilidad como la característica fundamental de las "herramientas" que son diseñadas para trabajar juntas como parte de un sistema integrado para llevar a cabo tareas complejas. Éstas pueden ser no muy sofisticadas sino simplemente operables y diseñadas para hacer

una cosa muy bien. La Alianza Internacional para la Interoperabilidad (IAI por sus siglas en inglés) ha creado una plataforma uniforme –formato de archivo- para desarrolladores de software: este es llamado formato "International Foundation Classes (IFC)" (Kymmell 2008). IFC es un buen esquema para representar la información del edificio en las diferentes etapas del ciclo de vida (Jeong, Eastman, Sacks, Kaner 2009).

En un esfuerzo por proveer una respuesta a tales requerimientos, dentro del contexto Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC por sus siglas en inglés) se desarrolló, para ISO-10303-STEP, la parte 225 titulado: "Protocolo de Aplicación (AP): Elementos del edificio que usan representación explícita de forma". Esta parte es ahora un estándar internacional (IS) y especifica los requerimientos para el intercambio de información respecto a los elementos del edificio sobre la forma, propiedades, configuración espacial entre las aplicaciones de los sistemas con representaciones de forma (Grilo, Jardim-Golcalves 2010a).

De acuerdo al estudio de Joo y Jung (2011) los temas de estandarización de BIM y la interoperabilidad han sido ampliamente estudiados por los investigadores y varias organizaciones internacionales al haber desarrollado varios detalles prácticos, incluyendo IFC, Manuales de Entrega de Información (IDM por sus siglas en inglés) y otros.

Metodologías estandarizadas sobre el proceso de modelado y el intercambio, por ejemplo el lenguaje "definiciones integradas" (IDEF por sus siglas en inglés), han sido ampliamente exploradas. Además, se han desarrollado estándares desde la perspectiva de la industria como IFC, IFD, IDM, IDEF, STEP y otros (Joo, Jung 2011).

La interoperabilidad en la tecnología BIM es importante al permitir que los participantes del proyecto puedan intercambiar información de manera libre a través de diversos medios y

aplicaciones, y con esto lograr la integración en la ejecución del proyecto.

## **APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA BIM EN EL EXTRANJERO Y EN MÉXICO**

El uso de BIM en la industria de la construcción está a la alza, ya que es ampliamente sabido que su adopción causará un cambio dramático en los procesos de negocio en la industria de la construcción y las áreas relacionadas.

Uno de los principales países impulsores de la implantación de la tecnología BIM es el Reino Unido. El gobierno de este país, siguiendo las recomendaciones del grupo "BIM Industry Working Group", ha decidido hacer obligatorio el uso de BIM para el desarrollo de sus proyectos a partir del 2016, con un nivel de madurez 2 (Group 2011).

En países como estados Unidos se han creado alianzas entre el ambiente público y privado como por ejemplo, la alianza buildingSMART, una iniciativa que opera de manera independiente y sin fines de lucro en el Instituto Nacional de Ciencias de Edificación (NIBS por sus siglas en inglés). bSa promueve el uso de modelos BIM y las herramientas que están ayudando a los participantes del proyecto de la industria de la construcción a compartir la información de manera muy precisa a través del ciclo de vida del proyecto o de la edificación (Building Smart Alliance 2013).

En ese sentido, en el Reino Unido se encuentra NBS, quien está comisionada para ofrecer a los profesionales de la industria de la construcción, soluciones en información y especificaciones, innovadoras y distintivas. Durante 30 años han producido especificaciones, incluyendo el reconocido estándar nacional de sistema de especificaciones para el Reino Unido (NBS 2008). Adicionalmente en Reino Unido, se estableció una colaboración entre la Universidad Northumbria y Ryder (una compañía de diseño), naciendo así

BIM Academy (Bimacademy 2013). BIM Academy anunció una colaboración con NBS, la cual tuvo como resultado la primera fase de la Librería Nacional BIM para su descarga gratuita, con contenido genérico para empresas o profesionales que adopten BIM (National BIM library 2011).

En países como Singapur, Nueva Zelanda, Australia y Canadá, la aceptación de BIM se refleja por ejemplo, en las guías realizadas para la implementación de la tecnología BIM en su país, así como en el desarrollo de diversos estudios de caso en los que se reflejan los beneficios de su adopción.

En Latinoamérica, de acuerdo a lo citado por Rojas (2011) para Chile, la Tecnología BIM se ha utilizado mayormente para la detección de interferencias entre las especialidades que participan, así como de los puntos de difícil acceso para el mantenimiento del edificio, entre otros usos.

Adicionalmente, uno de los principales productores de programas para BIM (Autodesk) ha mostrado su interés por impulsar el uso de la tecnología en México y Brasil, en base al crecimiento de la industria de la construcción en dichos países (Salvatierra 2012). En México se están llevando a cabo acciones para la implementación de la tecnología BIM. La Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) ha planteado una estrategia para su difusión en México.

ICA BIM es el área especializada que se distingue por su concepto innovador. Utilizan herramientas de tecnología de información como BIM, apoyando al área de ofertas en el proceso de especificación del proyecto, para planear, simular y monitorear el proceso de construcción y la procuración, con el objetivo de incrementar su eficiencia.

## **METODOLOGÍA**

La metodología que se planteó para este trabajo de investigación consiste en llevar a cabo un estudio

de caso sobre un proyecto de edificación, el cual es analizado y utilizado para la elaboración de un modelo BIM, a través del procedimiento descrito a continuación.

Se inició con la obtención de un proyecto de edificación que cumpliera con las siguientes características:

- 1) Ser de edificación
- 2) Contener estructuras de concreto coladas en sitio para ampliar la complejidad del proyecto de estudio.
- 3) Haber sido construido en la región.
- 4) Contar con el proyecto ejecutivo que incluya: proyecto arquitectónico, estructural, instalaciones, presupuesto, duración de la obra.

Se continuó con el análisis del catálogo de conceptos de obra del proyecto para extraer los conceptos representativos con los que se trabajará, transformándolo en el catálogo de elementos constructivos filtrado (CECF).

El CECF será estructurado utilizando la sección correspondiente de una herramienta como el MasterFormat, la cual consta de una lista maestra de números y títulos clasificados para la industria de la construcción, usado principalmente para organizar manuales de proyecto, detallar información referente al costo y relacionar las anotaciones de los planos a las especificaciones.

En el siguiente paso se desarrollará un instrumento para la recopilación de datos para el modelado, el cual será denominado "cédula" y cuyo contenido se basará en lo requerido para: la determinación de la secuencia en la generación del modelo BIM, el nivel de detalle necesario para el modelado de los componentes, las familias más adecuadas para la realización del modelo y la información necesaria a incluir en los componentes.

Para la obtención del desglose del tipo de información que se va a requerir en los componentes del modelo, se realizará una revisión de la literatura existente sobre las actividades que se llevan a cabo en la etapa de construcción, como por ejemplo el PMBOK, así como de los procedimientos constructivos de la región sobre los conceptos del CECF, haciendo uso de la experiencia propia y en caso de requerir aclarar o recabar información sobre algunos conceptos de obra, que no se hayan podido obtener mediante la revisión bibliográfica o la experiencia, se solicitará información a los profesionales expertos a través de la entrevista personal, utilizando la cédula.

Dicha cédula será elaborada en un formato digital y estructurada para que su contenido pueda ser exportado a otros programas de cómputo en caso de que sea requerido. Ésta se basará en la identificación de las actividades de la etapa de construcción y la información requerida en el modelo. Una vez que se tenga la cédula conformada se iniciará su aplicación a cada uno de los conceptos del CECF. Para el llenado de la cédula se realizará un análisis de los datos posibles para la selección de la información adecuada para el cumplimiento de los objetivos. Durante la aplicación de la cédula y en base a la información seleccionada sobre los conceptos, se determinará cuáles de éstos serán componentes del modelo BIM, ya que no todos los conceptos son susceptibles a ser modelados.

El llenado de la cédula y la generación del modelo BIM se realizarán a la par. Durante la modelación, se dará retroalimentación al formato de la cédula ya que se puede dar el caso de requerir cambios para enriquecer el contenido de ésta, por lo que se le realizarán las modificaciones necesarias y se actualizarán las cédulas que ya hayan sido llenadas. Asimismo, se harán pruebas para validar que los datos recopilados son de utilidad en las distintas actividades presentadas en la etapa de construcción del proyecto y en la obtención de los



entregables requeridos (e.g. formato de estimación, presupuesto, etc).

Cuando la cédula ya no sufra modificaciones, se obtendrá como resultados, un formato definitivo para el llenado de la cédula y la herramienta con los criterios para la generación de modelos BIM, la cual será un compendio del resultado del estudio de los componentes del modelo.

Una vez concluido el modelo BIM rico en información, se realizará un diagrama de flujo para exponer la secuencia de generación del modelo BIM, obteniéndose también como resultado una librería con los objetos paramétricos de cada componente del modelo, de manera similar al anexo I de este documento; ambos resultados podrán ser usados y servir de referencia en la elaboración de próximos modelos BIM de edificación. Se realizarán las conclusiones principales del estudio que expliquen los resultados relevantes del proceso y la recomendación de futuros trabajos que se puedan llevar a cabo a raíz de éste.

## CONCLUSIONES

La implementación de las tecnologías de información, particularmente el uso de la tecnología BIM contribuye a la integración de los procesos de diseño y construcción de proyectos de edificación para el logro de un objetivo común, al promover la colaboración entre los diferentes especialistas que participan en el ciclo de vida de un proyecto.

Un modelo BIM puede ser clasificado en base a su finalidad, debiéndose constituir su propósito y establecer el nivel de detalle necesario para que éste logre su intención y pueda ser comprendido por quienes lo usarán, lo cual será la base para crear las especificaciones del modelo y éste incluya información relevante del proyecto que podrá ser recuperada y utilizada.

Los datos básicos que se ingresen en a los componentes del modelo BIM podrán estar relacionados a parámetros físicos, al tiempo o a otros tipos de archivos de computadora, de acuerdo al tipo de modelo que se está construyendo.

El modelo BIM es sólo una parte de la implementación de la tecnología BIM y aunque la literatura revisada muestra las características que estos deben cubrir, no se ha encontrado hasta el momento una guía más específica sobre que información considerar en la realización del modelo de construcción. El contar con un marco de referencia para la elaboración de un modelo BIM de construcción que contemple los datos que se necesitan del modelo de diseño junto con la información relevante relacionada a la etapa de construcción, podrá contribuir a la adopción de la tecnología BIM de una manera práctica, al relacionar los procesos de dicha fase con los componentes del modelo y los productos que se necesitan obtener para su desarrollo.

La implementación de la tecnología BIM a nivel mundial ha ido en aumento de forma graduada. Sin embargo en México ha sido adoptada de forma más lenta, por lo que se presenta una oportunidad para implementar la tecnología bajo los estándares ya establecidos en otros países, modificando los procesos tradicionales para que se obtengan los beneficios brindados por BIM.

## REFERENCIAS

Bimacademy. (2013) Estandarización y herramientas BIM. Una colaboración entre Northumbria University y Ryder. Disponible en: [http://collab.northumbria.ac.uk/bim2/?page\\_id=521](http://collab.northumbria.ac.uk/bim2/?page_id=521) Recuperado el 3 de junio del 2013.

Bjork B. (1995). Requirements and information structures for building product data models. Tesis Maestría, Finland: VTT Building Technology Publications 89, 245.



Building Smart Alliance (2013). Estandarización y herramientas BIM. Instituto Nacional de las Ciencias de Edificación. Disponible en: <http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/about/> Recuperado el 3 de junio del 2013.

Computer Integrated Construction Research Program (CIC). (2011). BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1. The Pennsylvania State University, University Park, PA, EEUU.

Computer Integrated Construction Research Program (CIC). (2011). BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1. The Pennsylvania State University, University Park, PA, EEUU.

Grilo A., Jardim-Goncalves R. (2010a) Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in construction*, ELSEVIER V. 19, 522-530.

Grilo A., Jardim-Goncalves R. (2010b) SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space. *Automation in construction*, ELSEVIER V. 19, 388-397.

Group, BIM Industry Working. (2011) UK Government projects to use BIM by 2016: It's official. "Construction Research and Innovation", 28-30.

Jeong Y. S., Eastman C. M., Sacks R., Kaner I. (2009) Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. "Automation in Construction", ELSEVIER, 18, 469-484.

Jung Y., Joo, M. (2011) Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. "Automation in Construction", ELSEVIER, V. 20, 126-133.

Kim H.-J., Seo Y.-C., Hyun, C.-T. (2012) A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects. "Automation in Construction", ELSEVIER, V.25, 72-81.

Kymmell W. (2008) Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. McGraw-Hill, EEUU.

Loyola V. M., Goldsack J. L. (2010) Constructividad y Arquitectura. Primera Edición. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Chile.

National BIM Library (2011). Librerías de objetos paramétricos BIM. NBSNational BIM Library. Disponible en: <http://www.nationalbimlibrary.com/> About Recuperado el 3 de junio del 2013.

NBS (2008). Estandarización y herramientas BIM. National Building Specification. Disponible en: <http://www.thenbs.com/corporate/about.asp> Recuperado el 3 de junio del 2013.

Ramírez M. J. A. (2012) Uso e implementación de "Building Information Modeling" en la administración de proyectos de construcción en Yucatán. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Reddy K. P. (2012). BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects. John Wiley & Sons, EEUU, 6,17, 19, 75, 79, 91-114,117.

Report, SmartMarket. (2007) Interoperability in the Construction Industry. McGraw hill Construction, EEUU.

Rojas G. R. (2011). Building Information Modeling – BIM. Red Interamericana de centros de innovación en la construcción. INCONET. Disponible en: <http://www.cmicpuebla.org.mx/gestor/secciones/articulos/descargables/archivos/16Building%20Information%20Modeling%20BIM%20-%20INCONET%20-%20v1.4%20%2017-03-2011.pdf> Recuperado el 08 de octubre del 2013.

Salman A., Hein M., Sketo B. (2009). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and

Challenges. Associated Schools of Construction.  
Disponible en: <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT182002008.pdf> Recuperado el 5 de octubre del 2012.

Salvatierra H. (2012). México y Brasil, "misiones para la evangelización de BIM. Obras web.  
Disponible en: <http://www.obrasweb.mx/arquitectura/2012/11/28/mexico-la-tierraprometida-en-la-evangelizacion-de-bim>. Recuperado el 08 de octubre del 2013.

Schlueter A., Thesseling F. (2009) Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages. "Automation in construction", ELSEVIER, V.18, 153-163.

Smith Dana K., Tardif M. (2009). Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide. John Wiley & Sons, New Jersey, EEUU.

### ACERCA DEL AUTOR

La Ing. Civil Maricela Laguna Hernández estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Ensenada. Posteriormente participó en el sector público y privado como coordinador de proyectos de inversión y mantenimiento en el área de Ingeniería y Desarrollo. Actualmente es Alumna de tiempo completo de la Unidad de Posgrado e Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.





**Dr. Baruch Ángel Martínez Herrera**

Universidad Autónoma Metropolitana, México  
varuskas@hotmail.com

**Dra. Aurora Minna Poó Rubio**

Universidad Autónoma Metropolitana, México  
pram@correo.azc.uam.mx  
dra.aurora.poo@gmail.com

12

---

## ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE ACTIVOS FÍSICOS EN EDIFICIOS DE OFICINAS



## RESUMEN

Se muestra el desarrollo de un prototipo de un programa para el control de activos físicos de un proyecto de un edificio de oficinas de la compañía "Corrosión y Protección S.A. de C.V.", con el cual se propone controlar de manera gráfica toda la información relacionada con los activos físicos de la empresa como son: ubicación exacta del personal, Muebles, computadoras, autotransportes, equipo de comunicación, equipos varios, etc. así también se tendrá la información de que activo le fue asignado a cada persona de la empresa.

Con esta nueva manera gráfica de administrar los activos de una empresa se propone mejorar el control de activos físicos ya que se tendrá la información correspondiente de distintas áreas como son: recursos humanos, compras, administración, ingeniería, dirección, de esta manera se sabrá de manera eficiente e inmediata donde se encuentran, sus características principales, quien los tiene, cuál es su valor, cuáles son sus facturas, proveedores, garantías.

Palabras clave: control, activos, prospectiva, B.I.M., oficinas, asignación, administración, bloque con atributos, exportación excel.

## ABSTRACT

The development of a prototype of a program for the control of physical assets of a proposed office building of the company, "Corrosión y Protección S.A. de C.V. ", with which it is proposed to control graphically all the information related to the physical assets of the company including: exact location of personnel, furniture, computers, motor carriers, communication equipment, teams, etc. and asset information that was assigned to each person in the company will also.

With this new graphical way to manage the assets of a company intends to improve control of physical assets and the corresponding information from different areas will have such as: human resources, purchasing, administration, engineering, management, so you will know of efficient and immediate way where they are, their main characteristics, who has them, what is their value, what their bills, suppliers, guarantees are.

Keywords: control, assets, prospective, B. I. M., offices, allocation, administration, block attributes, excel exportation.

## OBJETIVO GENERAL

Mostrar el desarrollo de un diseño de un sistema de integración de control de información de activos físicos para un edificio de oficinas.

## OBJETIVO PARTICULAR

Se muestra el desarrollo de un prototipo de diseño de un sistema de integración de control de información por medios gráficos de activos físicos para un edificio de oficinas para su mejor administración y operación, desarrollado en Autocad versión 2014 y tablas de Excel, para controlar la información de activos generada de recursos humanos, administración, contabilidad, ingeniería y ubicarla en planos arquitectónicos.

## INTRODUCCIÓN

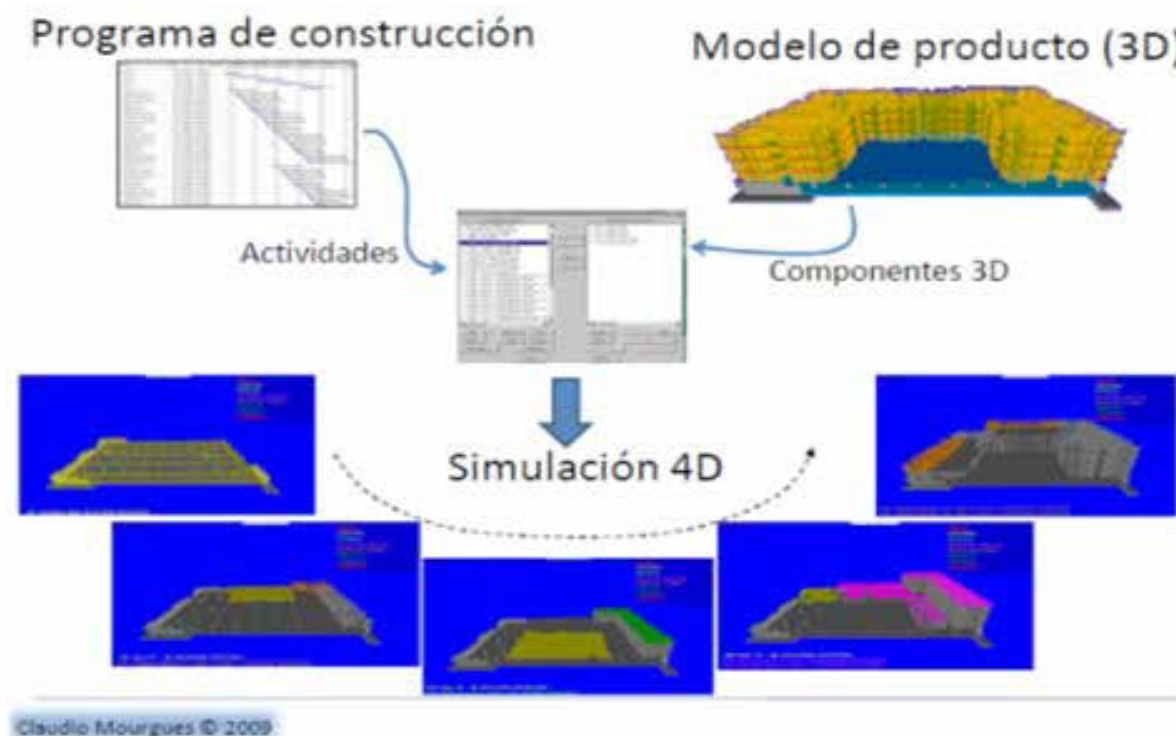
¿Es posible tener el control de todos los activos físicos de un edificio de oficinas, incluyendo, mobiliario, equipo rentado, equipo propio, autos, computadoras; saber dónde están y quien los tiene?, ¿Se puede realizar un control de activos físicos en edificios de oficinas sin que se costoso y con las herramientas con las que ya cuento y domino con una filosofía tipo B.I.M.? Definitivamente la respuesta es "SI", y se puede desarrollar un sistema de integración de control de información de activos físicos enfocado a proyectos de oficinas de una forma económica y práctica, pero hay que explicar primero en qué consiste el B.I.M. (podemos tomar la definición de la NIBS\*), este nuevo concepto que está revolucionando la construcción, arquitectura e ingeniería en todo el mundo, así mismo se puede tomar como base para un control de activos y mantenimiento de inmuebles.

El concepto B.I.M. (Building Information Management o Building Information Modeling (Gerencia de Información de la Construcción o Modelado de la Información de la Construcción)) trata sobre la Gerencia de Información de la Construcción o el Modelado de la Información para la Construcción, en este caso será ya un edificio construido ya con sus interiores diseñados y la ubicación de sus muebles a partir de planos arquitectónicos.

La NIBS define: "B.I.M. es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Sirve como fuente de conocimiento para compartir información acerca de una instalación formando una base confiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida, desde el inicio hacia adelante".

Existen varios tipos de BIM, lo que comercialmente se le denomina "Dimensión (D)" los cuales dependiendo sus características de servicio pueden ser de 3D a la 8D a lo cual podemos explicar lo siguiente:





**Figura 12.1** Programa de construcción, Modelo de producto (3D), Simulación (4D)

- **3D (tercera dimensión)** vistas en volumen, simulando la realidad en largo, ancho y alto, la simulación en 3D puede realizar recorridos virtuales, vistas de cómo se verá en la realidad antes de construirse y para visualizar estas ideas se realizan renders, los cuales son como fotografías realistas de cómo se verá.
- **4D (tiempo)** simulación del 3D en el tiempo, cuánto tiempo se tardan para construir un edificio o instalación, esta simulación explica gráficamente el sistema constructivo de la construcción y como se desarrolla en el transcurrir del tiempo.
- **5D (costo)** cuanto se está gastando con el paso del tiempo de la construcción, análisis de flujo de efectivo.
- **6D (mantenimiento, operación y control de activos)** cuánto cuesta mantener funcionando un edificio y donde están los activos.
- **7D (mantenimiento de instalaciones)** Se comienza a partir de la finalización de la fase de puesta en marcha y durará hasta la demolición. 7D BIM es también la fase de gestión de activos del proceso BIM e incluye la gestión de las instalaciones. Aquí es donde ocurre el proceso de mantenimiento normativo y preventivo.
- **8D (características especiales)** que las compañías pueden adaptar a sus necesidades como serían un BIM en específico, como puede ser para seguridad contra-incendio, o un BIM especial para demolición, etc.

Comercialmente se han definido y estandarizado hasta el 6D para no confundir los conceptos, los cuales apenas se están regulando para que todos hablemos el mismo idioma con esta nueva tecnología. ¿Y qué información se tendría que controlar en un control de activos?, Es toda la información que se quiera manejar generada del

proyecto, el área de compras, recursos humanos, área de sistemas, contabilidad, dirección y por supuesto administración y mantenimiento que sería el área a la cual está destinado esta modalidad. Centralizando la información en un solo servidor al que todos los involucrados se conecten para alimentarlo y recibir la información (solo los que tengan autorización de verla) la información es de primera mano directamente de la gente que la genera. Los beneficios son evidentes, no hay pérdida de la información, es inmediata y sobre todo veraz. Así también se crea una nueva figura en la administración, el "Gerente B.I.M.", que es el que desarrolla la aplicación y la alimenta por primera vez, mostrando y capacitando a las demás áreas para alimentar y administrarla información.

¿Qué tecnología utilizar?, Se puede utilizar cualquier software que maneje B.I.M. los cuales desarrollan las compañías de Autodesk, Bentley, Tekla, etc. o llamar a las empresas especializadas para que implementen un proyecto "a la medida", sin embargo la curva de aprendizaje para una nueva tecnología es muy tardado aparte de la implementación, así como la inversión de software y capacitación de personal, son muy caras y en menor medida una implementación con una empresa especialista en el tema, sin embargo te conviertes en un consumidor cautivo; pero viéndolo por otro lado utilizando las herramientas correctas y de uso común con los programas adecuados se puede llenar con todas las características del B.I.M.

Las características básicas de un B.I.M. son: centralización de la información, comunicación con todas las áreas involucradas, seguridad, veracidad en la información, ambiente gráfico amigable, integración de la información en sus distintos formatos. Se desarrolló el anteproyecto de las nuevas oficinas de la compañía "Corrosión y Protección Ingeniería S.C." ubicadas en Cuernavaca Morelos, así también se propuso un prototipo de un control de activos físicos por medios gráficos con la

filosofía BIM para poder tener el control desde el inicio de operaciones del inmueble.

El prototipo desarrollado integra información de un proyecto de oficinas piloto como son: planos, especificaciones, localizaciones, facturas, órdenes de compra, garantías, equipos, automoviles etc. También se integra al proyecto la base de recursos humanos para poder asignar los activos que están en custodia del personal o su asignación; En su conjunto es un prototipo muy versátil el cual facilitara el control administrativo del edificio y sus activos físicos.

Este prototipo se desarrolló en el programa Autocad versión 2014, con dibujos en 3d y las bases de datos están en Excel versión 2013, no se realizó programación alguna en visual basic o autolisp, todas las rutinas fueron realizadas con las mismas herramientas que el programa ofrece, ya que el objetivo es realizar este prototipo lo más sencillo posible ya que el objetivo es que los pequeños despachos de arquitectura tengan esta metodología para poder dar un servicio completo ya entregada la obra y poder seguir trabajando con los controles de activos o servicios de mantenimiento.

## EL CLIENTE

Corrosión y Protección Ingeniería, S.C. Fue constituida por el Dr. Lorenzo Martínez Gómez el 16 de julio de 1996, La visión del Dr. coadyuvó a definir una problemática nacional de trascendencia, relacionada con la seguridad e integridad de las instalaciones y ductos de transporte de hidrocarburos, que en caso de no ser atendida ocasionaría grandes problemas ambientales, ecológicos y riesgos en pérdidas de vidas humanas.

Corrosión y Protección Ingeniería, S.C. es una institución líder en el control de corrosión en México, brindando a la nación ingeniería especializada y certificada por NACE\* Internacional, reduciendo fugas y pérdidas de productos valiosos, aumentando

#### ACCESO AL PROTOTIPO



**Figura 12.2** Pantalla prototipo "password" Fuente: Baruch Martínez

la vida útil de las instalaciones, evitando accidentes y daños al medio ambiente con la aplicación de sistemas y tecnologías de punta a nivel mundial.

### EL EDIFICIO

Es un anteproyecto de oficinas el cual serviría como oficina central de la empresa con una superficie total de 2,400 m<sup>2</sup>, consta de: sótano 2 (cuarto de máquinas, cisternas), sótano (estacionamiento, subestación), planta baja (recepción, direcciones administrativas, baños), primer piso (gerencias de ingenierías, auxiliares, baños) segundo piso (gerencias de ingeniería, baños) tercer piso (direcciones generales, auditorio, baños) terraza (comedor, cocina, terraza, baños).

### ACCESO CONTROLADO

Toda la información se planea colocar en un solo servidor o computadora, el acceso al dibujo es

controlado a partir de una clave de acceso, de esa manera se protege de primera instancia toda la información, así mismo existe información que dependiendo el tipo de usuario podrá o no verla.

### PANTALLA PRINCIPAL

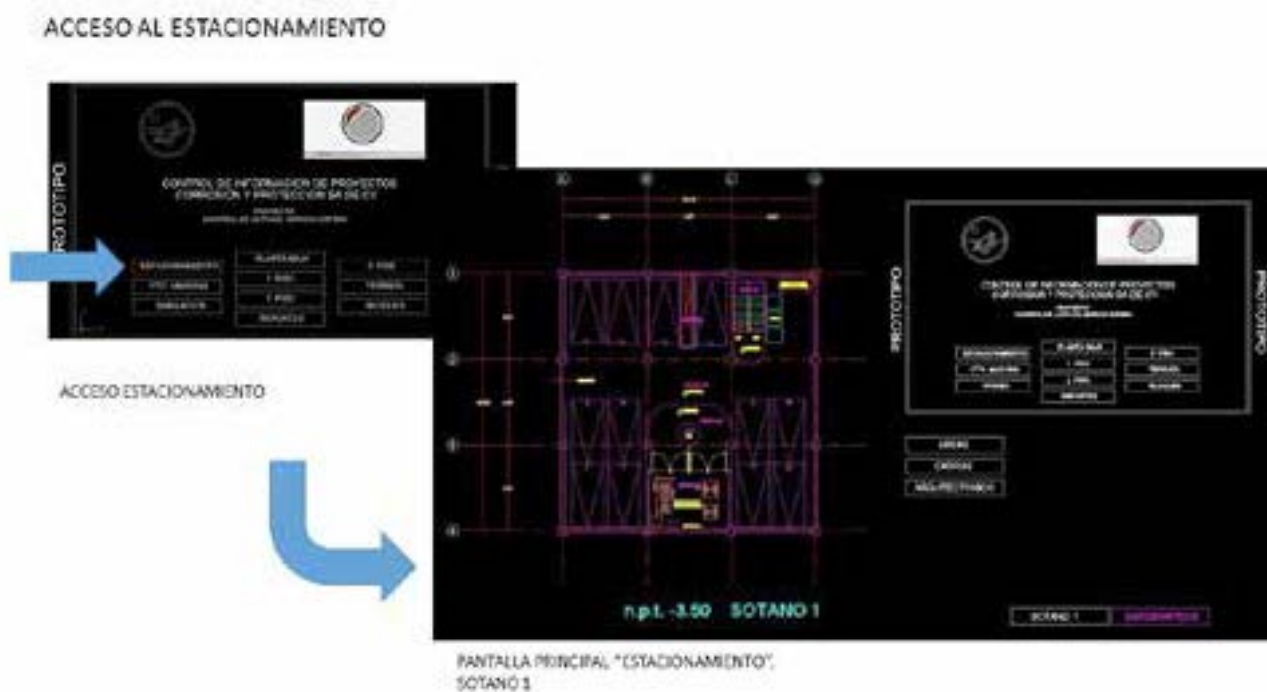
Se accede a una pantalla principal o pantalla "Origen", que nos indica a que planos podemos acceder o si queremos ver la simulación de edificio en tercera dimensión, esto nos da una idea de cómo es el edificio en su conjunto.

### NAVEGACION

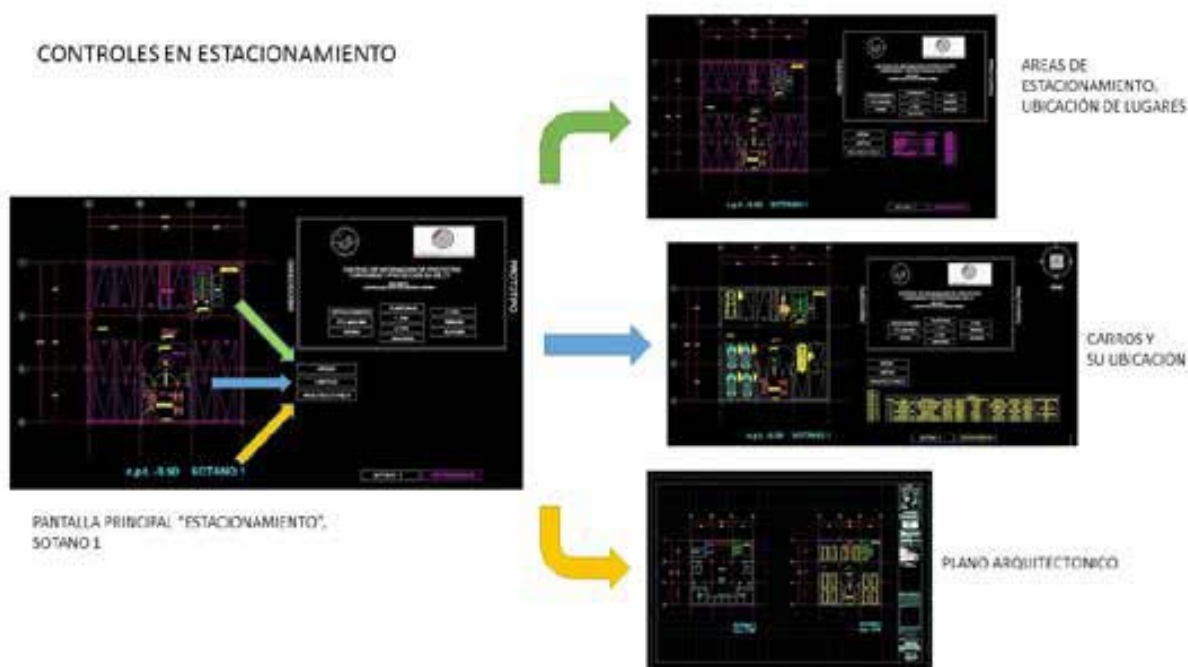
Para acceder a los distintos pisos, se disponen de varios botones con el nombre de destino (estacionamiento, cuarto de máquinas, planta baja, 1er, 2do, 3er piso, terraza), simulación (es un recorrido en 3d por el edificio en su conjunto, archivo tipo avi), bloques (es la galería de bloques



**Figura 12.3** Pantalla prototipo "Origen" Fuente: Baruch Martínez



**Figura 12.4** Pantallas de prototipo "estacionamiento". Fuente: Baruch Martínez



**Figura 12.5** Pantallas de prototipo "estacionamiento" Fuente: Baruch Martínez

con atributos con la que se alimentó el prototipo) y reportes (son los reportes generados y exportados a formato excel).

### PANTALLA "ESTACIONAMIENTO"

Se accede a una pantalla que dispone de botones como en la pantalla de "Origen" y distintos botones de los cuales se tienen los distintos controles como son:

- Control de carros
- Áreas
- Lugares de estacionamiento

Las "Áreas", son los distintos locales del piso, los cuales pueden estar numerados o mencionados por el uso que se les da, en este caso de estacionamiento, se numeran los espacios y se asignan los lugares para los distintos carros de la compañía.

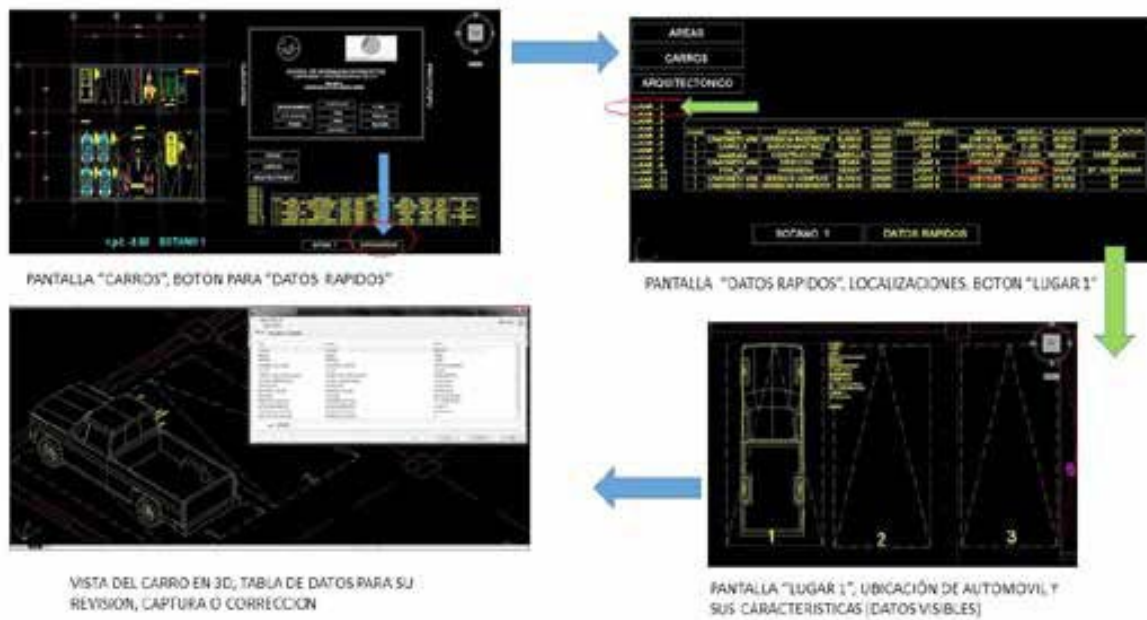
El control incluye los metros cuadrados de cada área y se hace un zoom independiente por cada una. Se tiene el control de los automóviles de la empresa, donde cada bloque representativo de un automóvil contienen la siguiente información del vehículo:

placas, marca, modelo, número de serie, color, tarjeta de circulación, última verificación, asignación o custodia, última revisión de taller Factura, fotografía, ubicación actual del vehículo.

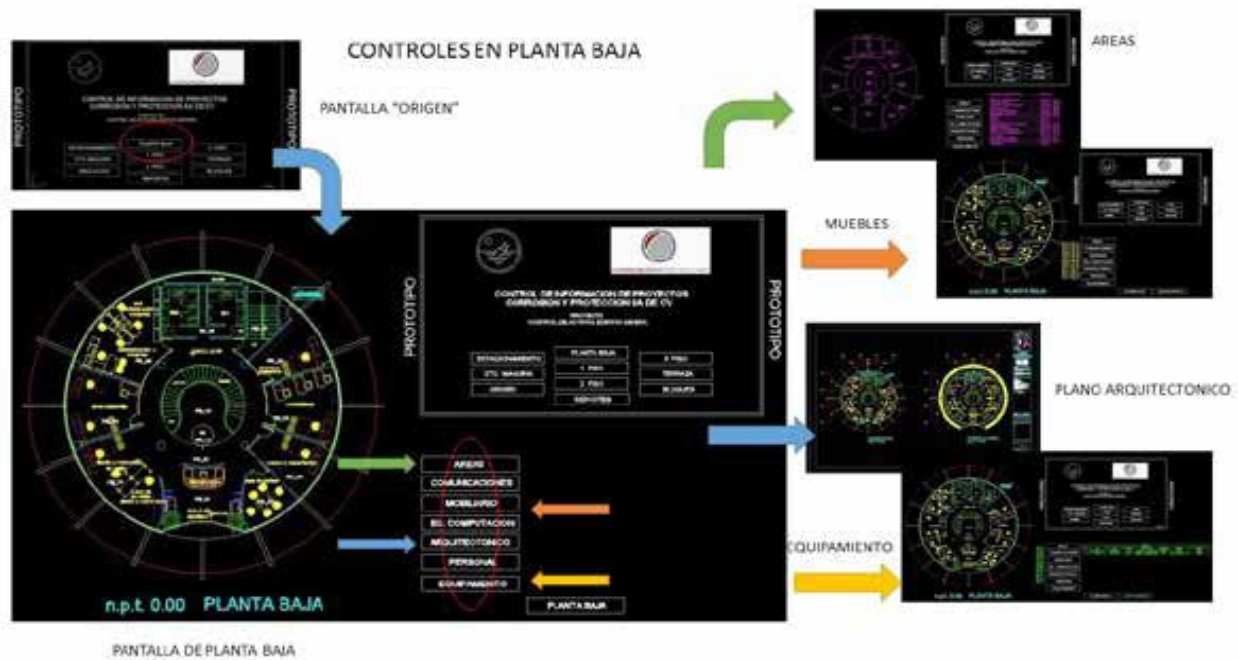
Esta información se encuentra dentro del bloque con atributos y en la pantalla existe un botón denominado "datos rápidos" los cuales, es un extracto de la información general del carro el cual permite una identificación inmediata, si se requiere revisar la información completa del automóvil, únicamente se selecciona y se da un doble click, para que se despliegue toda la información del bloque.



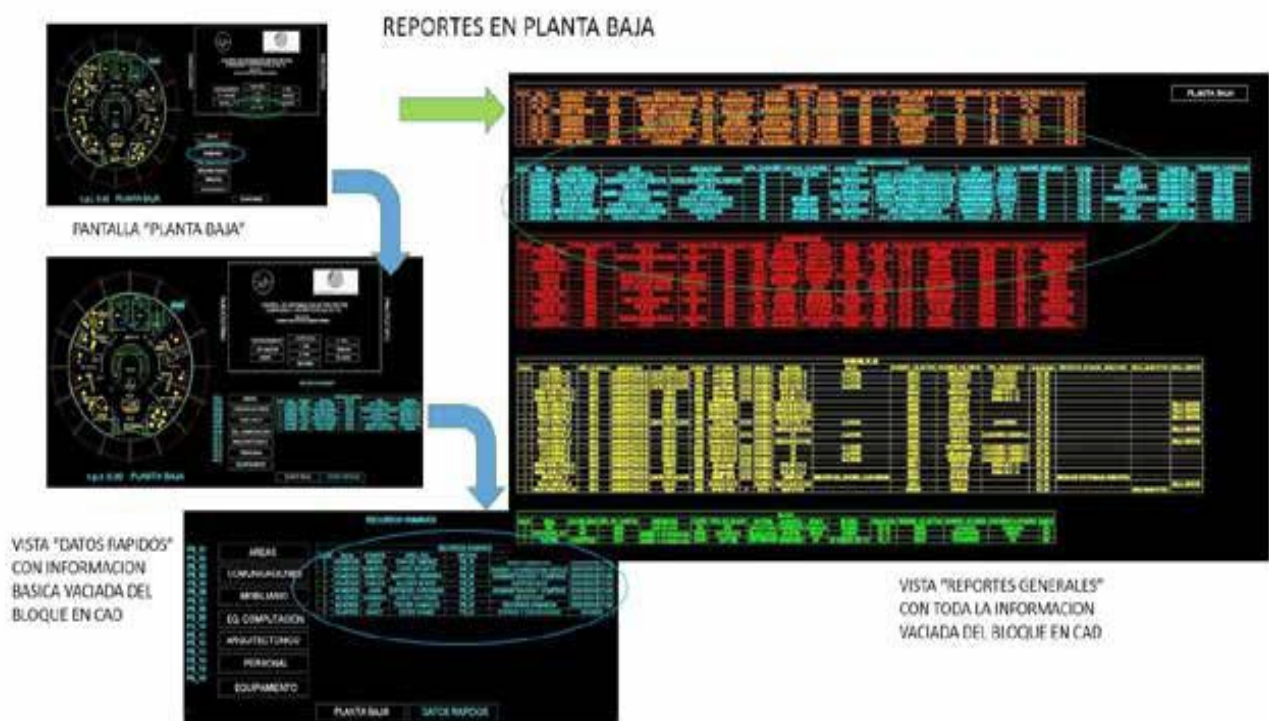
## CONTROLES EN ESTACIONAMIENTO



**Figura 12.6** Pantallas de prototipo "estacionamiento" Fuente: Baruch Martínez



**Figura 12.7** Pantallas de prototipo "Planta Baja" Fuente: Baruch Martínez



**Figura 12.8** Pantallas de prototipo "Planta Baja" Fuente: Baruch Martínez

Toda esta información se puede cambiar directamente en el bloque con atributos y posteriormente se tendrá que actualizar la tabla en CAD que refleja esa información, así mismo para llevar un histórico se tendrá que exportar la tabla a Excel.

Para cambiar de plano se encuentran la pantalla de navegación general, con el cual se puede navegar a los distintos planos o regresar a la pantalla de "Origen".

### PANTALLA DE "PLANTA BAJA" (CONTROLES TIPO)

En el plano de "planta baja" se muestra el nivel del mismo nombre y los distintos tipos de controles que serán los mismos para las distintas plantas arquitectónicas, dentro de los controles encontramos. Para el control y ubicación de los distintos activos es necesario tener una numeración de los distintos locales, en esta

ocasión la numeración parte del nivel y después un número consecutivo el cual dará orden a los locales Ej. PB\_01 que en este caso es la recepción del edificio. Para la navegación y vista de los distintos controles se tienen los distintos botones los cuales indican cuales son los activos a consultar.

- **CONTROL DE "AREAS"**, en este control tenemos la numeración de los espacios, sus metros cuadrados y el nombre del local, se puede realizar un zoom en cada una de las áreas para ver su delimitación y los muebles para ver su funcionamiento.
- **CONTROL DE "COMUNICACIONES"**: en este control se tienen los teléfonos fijos de las compañía y los teléfonos celulares, dentro de los datos que se tienen se encuentran: número de activo, tipo de comunicación (telefonía fija, celular o radio) marca, modelo, numero de serie, garantía, factura, asignación, accesorios, si es rentado, proveedor, costo, año de compra, etc.



- **CONTROL DE “MOBILIARIO”**: en este control se tienen los distintos muebles de este piso del edificio, dentro de los datos que se encuentran son: número de activo, tipo de mueble, color, marca, modelo, costo, factura, año de compra, asignación, ubicación.
- **CONTROL DE “COMPUTADORAS”**: en este control se tienen las computadoras de la compañía las cuales pueden ser rentadas o propias, por lo que dentro de los datos de block se encuentran: número de activo, tipo de computadora (lap-top, pc, Tablet, mac) número de serie, marca modelo, garantía, factura, designación (puede ser a una persona o a un área), ubicación accesorios, renta, contacto del proveedor.
- **CONTROL DE “RECURSOS HUMANOS”**: en este control se tiene la información de recursos humanos la cual permite ver donde se localizan los empleados de la compañía y sus asignaciones de activos por ejemplo computadoras, celulares, coches.
- **CONTROL DE “COMUNICACIONES”**: este control es de todo el equipo de comunicación de la empresa como son los teléfonos fijos, celulares o radios, teniendo como información: número de activo, tipo de comunicación (celular, radial o fija) número de serie, marca modelo, garantía, factura, designación (puede ser a una persona o a un área), ubicación accesorios, renta, contacto del proveedor.
- **CONTROL DE “EQUIPO”**: este control es de todo el equipo especial de la compañía, como pueden ser copiadoras, plotters, y equipo especial del área de ingeniería; teniendo como información: número de activo, tipo de equipo (medición, impresión, etc), número de serie, marca modelo, garantía, factura, designación (puede ser a una persona o a un área), ubicación accesorios, renta, contacto del proveedor.
- **CONTROL DE “REPORTES”**: este control contiene todos los reportes generados y vaciados en CAD, los cuales se pueden actualizar directamente si se modifican los datos del bloque con atributos.

## ACTUALIZACION DE DATOS SINCRONIZACION CON TABLAS Y CREACION DE TABLAS EN CAD

La actualización de datos se realiza directamente sobre los bloques ya colocados en su lugar, dando click en el dibujo se abrirá la tabla de texto con la información del bloque, se coloca la información y se cierra, después de actualizar la información en el bloque se debe realizar la actualización de la información de la tabla en cad, la tablas pueden tener toda o parte de la información que se requiera.

## CREACION DE ACTIVOS

Para insertar nuevos elementos al prototipo se deben de insertar los bloques con atributos ya definidos, se insertaran en el layer correspondiente a cada categoría (computadoras, equipo, etc) y al colocarse el mismo sistema pedirá la información correspondiente (número de activo, número de serie, marca modelo, garantía, factura, designación (puede ser a una persona o a un área), ubicación accesorios, renta, contacto del proveedor) y al terminar se tendrá un bloque con la información vaciada, posteriormente se extraerá la información y se exportara para vaciarse en las tablas de CAD dentro del dibujo o se podrá exportar a excel.

## EXPORTACION DE DATOS

La exportación de la información de los bloques con atributos es una rutina que ya viene definida en el Autocad, la cual permite desde seleccionar un bloque o el dibujo o varios dibujos, y permite de una manera masiva la exportación de la información, así también da la opción de generar la tabla directamente en CAD o exportarla a un archivo de Excel.

## RESULTADOS

Se logra el objetivo de tener un prototipo para control de activos físicos para oficinas de tamaño medio, se logra realizar en base a dibujos de autocad (bloques con atributos en 3d) versión

2014 y exportar información a tablas DE CAD y de Excel, se pueden hacer modificaciones y se pueden reflejar los cambios tanto en los bloques como en las tablas, las cuales van generando una pequeña base de datos.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que este prototipo es de mucha ayuda para el control de activos físicos para edificios de oficinas pequeñas a medianas, ya que de manera fácil se pueden ubicar los activos en un plano arquitectónico comparándolo con la realidad, sin embargo el dibujo en 3d sigue siendo muy pesado y se necesita de máquinas de gran capacidad de procesamiento.

El dibujo en tercera dimensión da una mayor idea de la ubicación de los activos sin embargo se tienen que buscar las mejores visuales dentro de la 3d, para que los activos no se superpongan unos con otros, la dificultad en el autocad es que se pueden apagar los layer correspondientes sin embargo en las vistas se observan las sombras de los objetos de los layer apagados ya que todavía el sistema los detecta.

Se tienen problemas de actualización de datos si se vacía la información de base de datos a bloques, ya que existe un 20% de falla en la conexión por lo que este prototipo se realizó en base a que los bloques son los que proveen los datos de la información y no la base de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations (McGraw-Hill Construction Series)  
Autor: Willem Kymmell.

Integrated practice in architecture mastering design build fast track and BIM Elvin George, Ed. Wiley / 2007, NA 1996es.845, Isbn 0471998495.

The green building bottom line, the real cost of sustainable building Martin melaver , Phyllis Mueller, Ed McGraw Hill / 2009, Th 880 g 7.43, Isbn 978-0-07-159921-4.

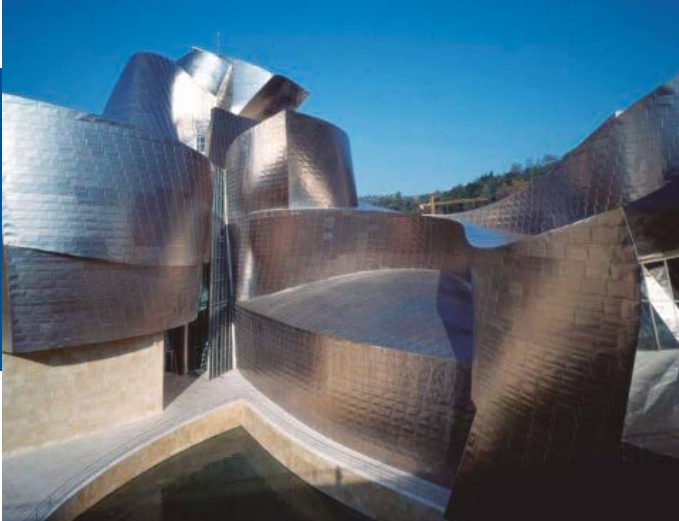
Artículo de internet bajado el 12ago2013 5D BIM Explicación Por Mac Muzvimwe on 20 Sep 2011 <http://www.fgould.com/uk-europe/articles/5d-bim-explained/>

Artículo de internet bajado el 12 ago 2013 H.J. High Construction Six Dimensional Building Information Modeling <http://www.hjhigh.com/news-and-media/market-trends/six-dimensional-building-information-modeling/> Por: Doug Storer, Diciembre 2012

<http://www.autodesk.mx/adsk/servlet/index?id=11225261&siteID=1002155>

<http://www.corrosionyproteccion.com/>





**Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
bpereyra@uady.mx

**Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma, PhD, - DBIA**

Departament of Civil & Environmental Engineering,  
Worcester Polytechnic Institute, USA  
salazar@wpi.edu

**Ing. Nicolás Zaragoza Griffé**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
zgrife77@uady.mx

13

---

REVIT: UNA HERRAMIENTA CON  
INTEROPERABILIDAD BIM



## INTRODUCCIÓN

El proceso de elaboración de estimaciones implica la integración de una gran cantidad de información. En las empresas constructoras pequeñas, el superintendente es el responsable de integrar dicha información, de manera que, durante la elaboración de estimaciones, la supervisión de la construcción se realiza de manera paralela. No es extraño que ambas tareas no sean realizadas adecuadamente. Debido a estas condiciones, se pueden producir errores tales como olvidos de cuantificación de volúmenes y conceptos de obra, así como cobros en exceso. En proyectos de edificación, el número de conceptos de obra es mayor que en otros tipos de proyectos, por lo que es más probable cometer errores. Lo anterior provoca atrasos en los cobros de trabajos ejecutados, lo cual es una de las causas de la falta de liquidez, reducción de la rentabilidad de la inversión y una pérdida de oportunidades de invertir en otros proyectos.

La generación de volúmenes de obra es considerada como uno de los procedimientos más engorrosos, tardados y susceptibles a equivocaciones. El tiempo invertido en esta actividad debería ser reducido con las nuevas tecnologías de información. Para la realización de dichas actividades es necesario tener, como punto de partida, los croquis de los trabajos por cobrar a la fecha y las generadoras y croquis de los trabajos cobrados a la fecha. Esta información se compara constantemente para que no se presenten errores en los volúmenes, así como olvidos en la generación de los mismos. Una vez definidos los conceptos de obra que serán cobrados, se procede a la generación de los volúmenes de los mismos, en la cual, la persona encargada de la misma, revisa las medidas en los croquis y captura en el programa de costos que tenga a su disposición (en medio

de la península de Yucatán generalmente es el Cinco). En esta fase el error que suele cometerse es de captura por introducir mal una cantidad en el programa que se utiliza para estimar y/o generar. La manera de realizar los croquis varía de empresa a empresa, sin embargo es considerada como uno de los procedimientos que debería ser mejorado. Algunas empresas, realizan los croquis de avance y paralelamente a la generación de volúmenes, hacen referencia a los ejes o áreas de los croquis en las generadoras. Algunas otras, en vez de hacer referencia únicamente escrita, proceden a realizarla de manera gráfica, copiando la sección del croquis a la que hacen referencia en la generadora.

Las empresas que realizan los croquis y generadoras de la primera forma (la más común en nuestro medio), proceden a copiar el dibujo nuevamente para presentación, lo cual aumenta la posibilidad de introducir errores durante la transcripción. Otro de los aspectos que deberían ser mejorados es la manera de manipular los documentos que forman parte del expediente de la estimación, debido a la cantidad de documentos que deben ser compilados. Por ejemplo, se deben obtener las notas de bitácora de obra correspondientes al período de la estimación, tomar las fotografías del avance que se está estimando, revelarlas, fotocopiar todos los documentos que integran la estimación, etcétera. Como consecuencia para integrar y obtener dichos documentos se consume una cantidad de tiempo que podría ser agilizado, si las dependencias de gobierno con las cuales se trabaja no exigieran tal cantidad de información para el cobro de apreciaciones.

Este estudio se basa en la detección y desarrollo de una herramienta computacional que mejore el proceso de elaboración de estimaciones en algunas de las áreas de: captura de datos en obra, generadoras, reportes fotográficos, transferencia de datos, etcétera., razón por la cual queda clasificado como un desarrollo tecnológico. El proceso que se obtendrá será aplicable a una empresa

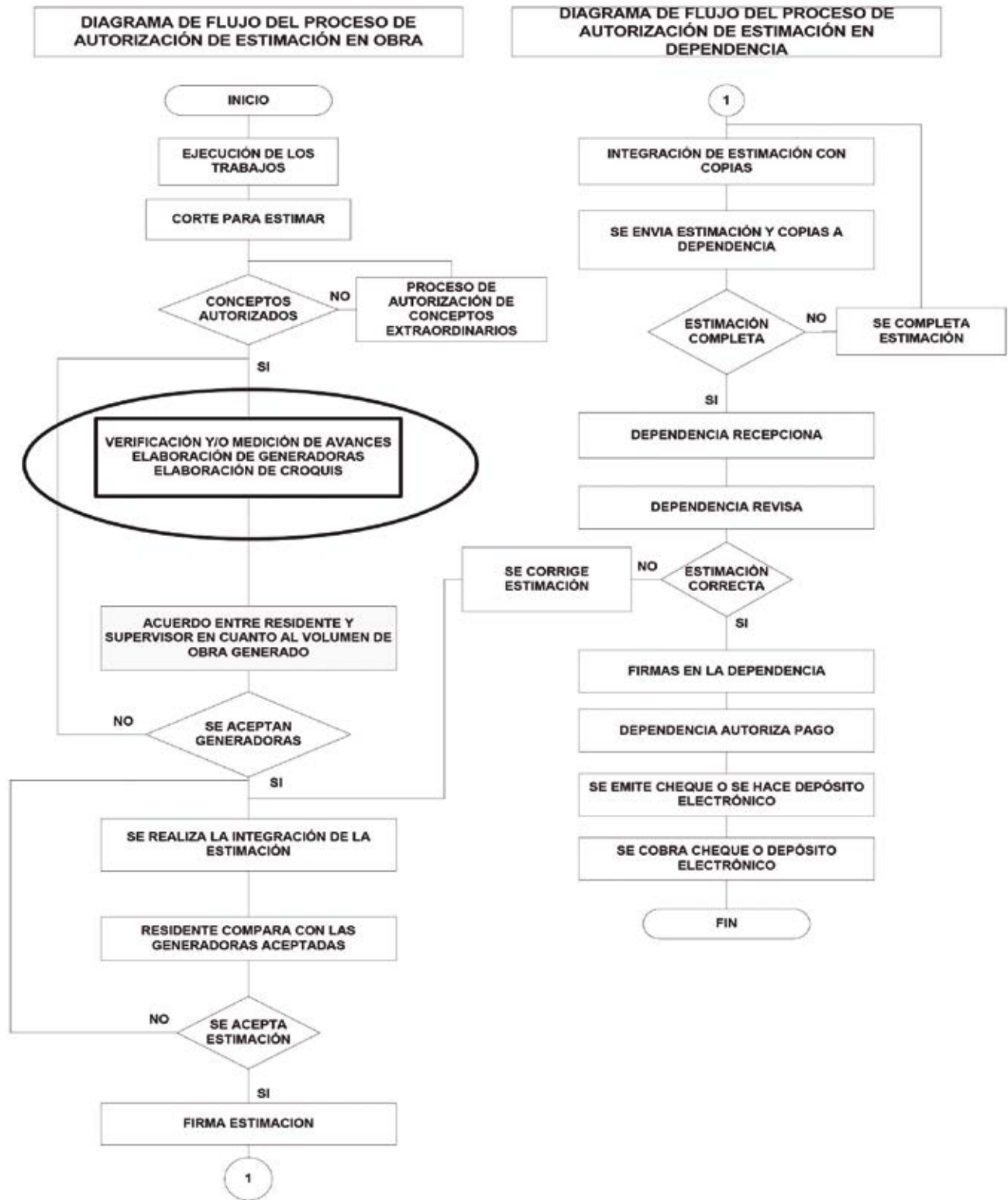
constructora pequeña tipo que tenga como nicho de mercado a alguna de las dependencias de gobierno: Ayuntamiento de Mérida, ICEMAREY o SDUOPV. La metodología propuesta se ha dividido en cuatro partes principales: documentación del proceso actual de elaboración de estimaciones, identificación de las partes del proceso susceptibles de mejora, identificación y propuesta y prueba de la herramienta computacional.

## METODOLOGÍA

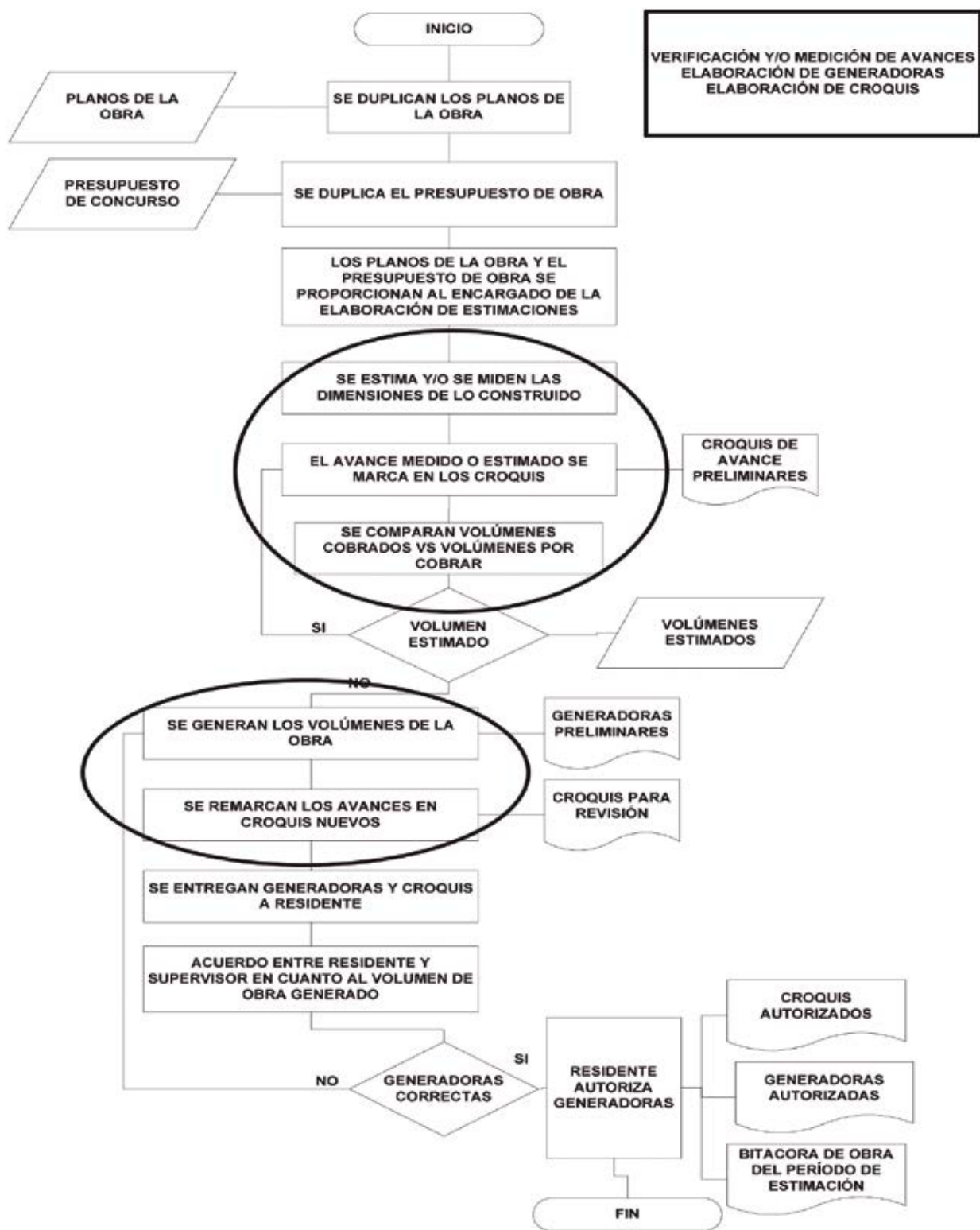
Debido a las razones mencionadas en la parte anterior, el proceso tiene oportunidades de mejora en la generación de volúmenes de obra. Debido a que la realización de los croquis se realiza de manera paralela a la generación de volúmenes y es uno de los documentos que la autoridad establece como parte integrante de los documentos soporte de la estimación, es necesario incluirlo en las acciones de mejora. Por tal motivo, se propone un proceso en el cual, la herramienta computacional, permita simplificar estos trabajos para tener una mayor precisión y evitar duplicidad de trabajos. En el diagrama de flujo de la (figura 13.1), se señalan los procedimientos más importantes que, de manera general, deben ser mejorados.

En la (figura 13.2), se muestran las actividades del proceso de elaboración de croquis y de generadoras que deberían unificarse para no tener una duplicidad de tareas, así como errores de captura. El concepto de la integración del diseño y construcción, plantea un modelo conceptual que debe integrar los enfoques de cada uno de los participantes en el proyecto (cliente, diseñadores, constructor, etcétera.) y asegurar la comunicación entre dichos participantes. Lo que este concepto propone es que la fase de construcción de un proyecto debe ser considerada durante la fase de diseño y no después de haber terminado, es decir, plasmar los conocimientos e intereses de cada uno de los participantes en el diseño antes de comenzar con la construcción del proyecto.





**Figura 13.1** Aspectos generales susceptibles de mejora.



**Figura 13.2** Actividades susceptibles de mejora.

Para alcanzar lo anterior es necesario tener sistemas basados en computadora que ligen los datos gráficos con los no gráficos. Los datos gráficos obviamente se refieren a los planos, distribución de espacios, perspectivas, etcétera. En tanto que los no gráficos son los costos, el tiempo, etcétera. Actualmente existen programas de cómputo especializados en diseño de proyectos de construcción que intentan alcanzar la integración del diseño y la construcción. Autodesk Revit fue seleccionado para el desarrollo de este trabajo debido a la familiaridad que los autores tienen programando en él. Estos programas proporcionan herramientas que permiten dibujar el proyecto con sus características estructurales, eléctricas, hidráulicas, etcétera, por lo que cualquier problema de constructabilidad puede ser conocido desde el diseño.

Sin embargo la principal funcionalidad de estos programas radica en el hecho de poder agregarles propiedades a los elementos dibujados. Por ejemplo, en el caso del Revit, es posible agregarle costo o componentes a los elementos. Esto resulta en una mejora en la productividad de actividades necesarias antes y durante la construcción, por ejemplo la presupuestación, ya que puede ser obtenida desde el dibujo del proyecto. Este software también contiene una funcionalidad, llamada "Fases", útil para el constructor. Esta consiste en poder dividir el proyecto en partes o "Fases" de acuerdo a un programa de obra, por ejemplo la cimentación, la albañilería, los acabados, etcétera, pueden ser divididas en el proyecto para visualizar las etapas que deben ser efectuadas en una fecha determinada, o para mostrar de manera gráfica el estado de la obra, en cuanto a su avance físico.

### VENTAJAS DEL SOFTWARE PROPUESTO

Los archivos de los planos que actualmente entregan las dependencias a los constructores son en formato de Autocad®. Esto ha obligado a los constructores a capacitarse en el uso de este programa. Dicho programa fue creado por el mismo

fabricante que el Revit, por lo que la manera de ligarlos no tiene ningún problema. Debido a que las instrucciones de uso de este programa son similares al del Autocad® y de acuerdo a la experiencia del autor, se estima que el período para el aprendizaje del Revit, sea menor comparado a otros sistemas. Las funcionalidades de este programa, pueden ser aplicadas a la elaboración de las estimaciones debido principalmente a la coordinación de planos con los calendarios y documentos de construcción. Esto último, en conjunto con la de las fases, permite agilizar la parte del proceso correspondiente a la comparación de los volúmenes cobrados y de los volúmenes por cobrar. La cuantificación del diseño, es una herramienta sumamente poderosa para integrar el proceso de elaboración de generadoras, debido a que la volumetría, se obtiene directamente del dibujo.

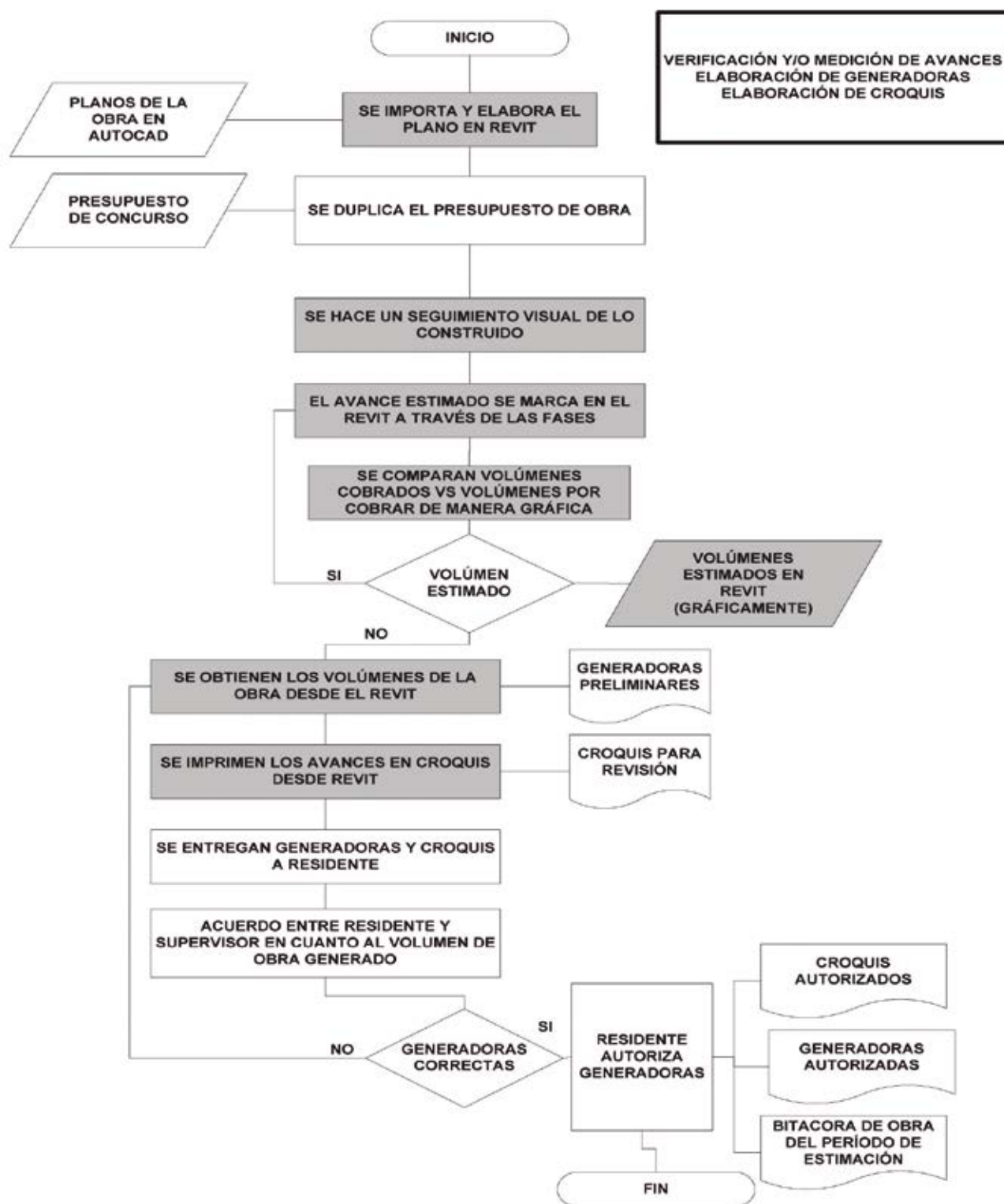
### RESULTADOS

De acuerdo a todo lo anterior, los procedimientos susceptibles de mejora y que pueden ser apoyados por el software son los siguientes:

- Verificación de los avances (comparativo de volúmenes cobrados <sup>vs</sup> volúmenes por cobrar).
- Elaboración de generadoras.
- Elaboración de croquis.

Para lograr lo anterior, será necesario modificar el proceso actual, especialmente en los procedimientos anteriores (ver la figura 13.2). El nuevo proceso se propone de la siguiente manera:

1. Después de la adjudicación de la obra, elaborar el plano utilizando el software Revit.
2. Hacer el programa de la obra detallado.
3. Hacer un plan de cobros (por medio de las fases de Revit).
4. Dar seguimiento al avance.
5. Comparar el avance contra la "Fase" planeada.
6. Elaborar los volúmenes del avance.
7. Imprimir los croquis para el cobro.
8. Presentar al residente de la dependencia.



**Figura 13.3** Proceso de cálculo de estimaciones propuesto.

Lo anterior implica que al momento de la adjudicación de la obra, se elabore el croquis en Revit. Debido a que este software permite dividir el proyecto en fases de construcción, se propone aprovechar esta función para elaborar, de manera gráfica y en el dibujo, el programa de la obra, el cual proporciona de manera indirecta los volúmenes que podrán ser cobrados en determinado tiempo. Durante la ejecución del proyecto, se procede a hacer el seguimiento del avance para posteriormente comparar el avance de volúmenes con lo programado y, debido a que esto se puede marcar directamente en el dibujo desde la computadora, no es necesaria la medición física de lo construido. Una vez realizada la fase correspondiente, se procede a obtener los volúmenes desde el plano elaborado en Revit, así como la impresión de los croquis correspondientes, para la presentación de las generadoras al residente de la dependencia. El diagrama de flujo del nuevo proceso, se muestra en la (figura 13.3).

Este nuevo proceso ayuda a eliminar los procedimientos improductivos que se señalaron en las figuras 13.1 y 13.2, como son:

- La verificación y/o medición de volúmenes, ya que de esta manera no se requiere la medición física de los elementos, debido a que el software es gráfico.
- Marcar el avance de lo medido en croquis, sino que se realizaría de manera directa en el software.
- La comparación de los volúmenes cobrados vs. Volúmenes por cobrar, se harían también de manera gráfica y únicamente se marcaría lo nuevo.

Para poder llevar a cabo el proceso propuesto, es necesario conocer la manera en que debe ser realizado en el Revit, por lo que, en el apéndice 1, se proporcionan los procedimientos necesarios para la realización de dicha propuesta. Con el fin de

probar la prueba de la herramienta computacional se procedió a realizar estimaciones de la siguiente manera:

- Con el proceso anterior.
- Con el proceso propuesto.

El nombre del proyecto que se seleccionó para el estudio es: construcción de una dirección de 6.00 x 8.00 ml, 200 m2 de plaza cívica, 24 m2 de andadores y remozamiento, en la escuela secundaria Luis Donaldo Colosio Murrieta, ubicada en la localidad de Ucí, Municipio de Motul, Yucatán. El monto total del contrato fue de: \$386,000.00 (Incluyendo el impuesto al valor agregado, véase figura 13.4). El proyecto se seleccionó, debido a que la empresa encargada de su ejecución no había presentado estimaciones a la dependencia. Esto haría posible comenzar con el estudio en igualdad de condiciones, los involucrados en el proceso fueron los siguientes:

- Supervisor del contratista.
- Auxiliar.
- Residente de la dependencia (SDUOPV).
- La dependencia (SDUOPV).

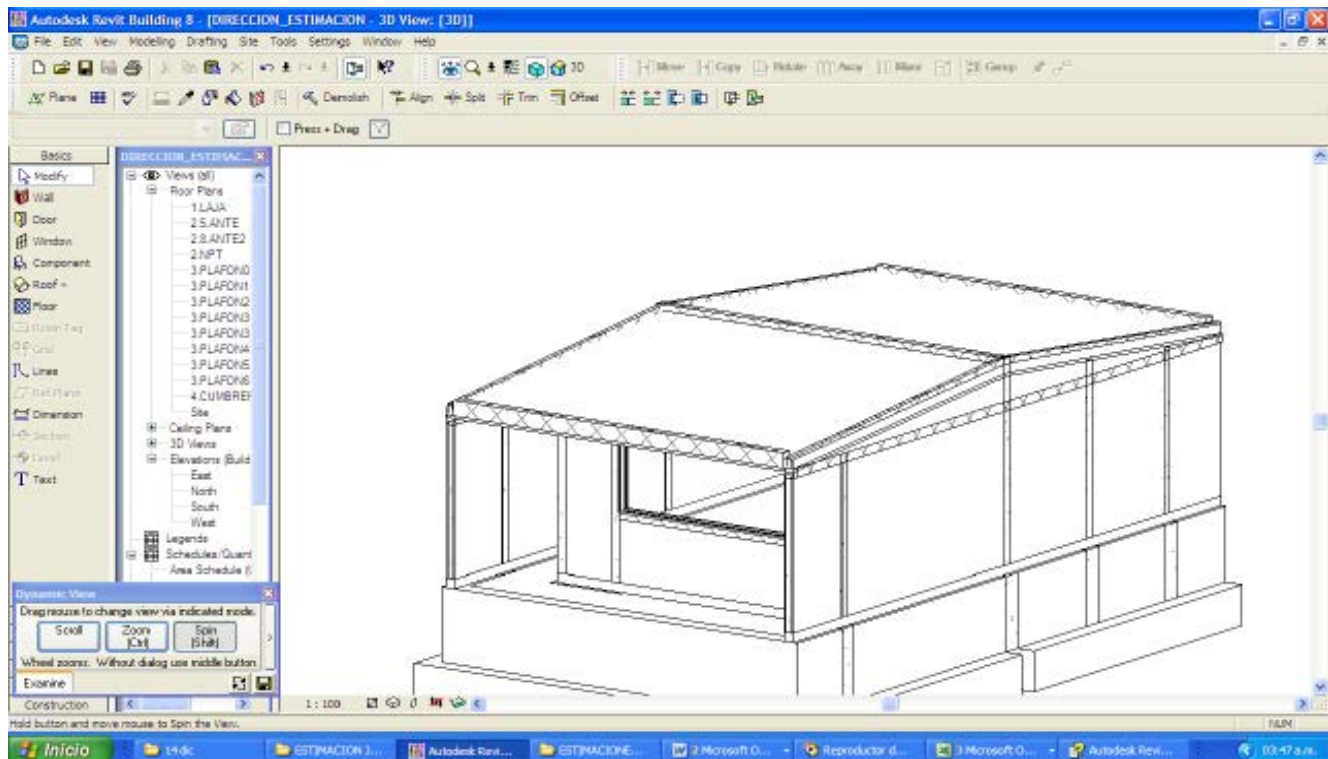
Cabe señalar que las condiciones en las cuales se realizó el estudio fueron las siguientes:

- El constructor presentaba atraso en el cobro de la obra. Esto, de acuerdo al constructor, se debía a que el supervisor a cargo de la obra tenía diferentes obras a su cargo, lo cual se veía reflejado en su falta de tiempo para efectuar el cobro de la obra.

La obra presentaba atraso, lo que complicaba aún más la estimación, principalmente por cuestiones administrativas, tales como definición del período de valoración, porcentaje de avance a presentar, etcétera.

- El proyecto contemplaba trabajos de remozamiento, sin embargo para los alcances





**Figura 13.4** Proyecto de estudio.

Tabla de resultados obtenidos con el proceso actual.	
Número de Estimaciones	<b>3</b>
Duración Generadora Coquis	<b>5 días</b>
Dependencia	<b>ICEMAREY</b>
Monto Estimado Aproximado	<b>\$100,000.00</b>

**Figura 13.5** Resultados obtenidos con el antiguo proceso.

## OBSERVACIONES

- El tiempo registrado fue únicamente del correspondiente a la generación de volúmenes y elaboración de croquis.
- A este tiempo hay que agregar el correspondiente a la elaboración e impresión, tanto de las generadoras y croquis como de los documentos adicionales de la estimación (bitácora, reporte fotográfico, etcétera.).
- El tiempo anterior fue estimado en aproximadamente 3 días efectivos, debido principalmente a los problemas administrativos mencionados con anterioridad.
- Cabe señalar que el supervisor encargado de la elaboración de las estimaciones, no destinaba el 100% de su tiempo a esta actividad, ya que tenía que disponer de su tiempo en las demás obras a su cargo.

Tabla de resultados obtenidos con el proceso propuesto.	
Número de Estimaciones	3
Duración dibujo en REVIT	3 días
Dependencia	ICEMAREY
Monto Estimado Aproximado	\$100,000.00

**Figura 13.6** Sin considerar los conceptos de remozamiento, sin embargo se representó en el dibujo conceptos de construcción que no se consideraron en las tres estimaciones.

de este trabajo, únicamente se consideró la construcción del edificio de dirección.

Para este estudio se procedió a observar la elaboración de tres estimaciones, las cuales sumaban un total de \$100,000.00 pesos. Los resultados del proceso de elaboración se muestran en la figura 13.5. Para la elaboración de las estimaciones con el proceso nuevo, se procedió de acuerdo a lo propuesto, sin embargo, debido a las condiciones en las que se dio el estudio, no se realizó el plan de cobros ya que el proyecto se encontraba en proceso de construcción. No obstante, la división del proyecto con las fases del software se realizó de acuerdo a las estimaciones elaboradas.

Los resultados obtenidos con el nuevo proceso de elaboración de estimaciones se presentan en la figura 13.6.

### OBSERVACIONES

- El tiempo establecido, contiene el tiempo de elaboración de elementos de dibujo que el Revit no contiene, debido a su origen extranjero, objetos tales como cimiento de mampostería, cadenas de cimentación, etcétera., los cuales son elementos constructivos propios de la región.
- El Tiempo dedicado a la elaboración del dibujo en Revit fue aproximadamente de 6 horas por día.

- Debido a la ausencia de algunos conceptos de trabajo, se procedió a seleccionar otros elementos constructivos del Revit en sustitución de los faltantes, debido a que lo que se necesitaba era generar el volumen de los conceptos.

Se observó, de manera general, que los resultados en las volumetrías eran muy similares a las generadas con el antiguo proceso.

### DISCUSIÓN

El proceso propuesto consumió un tiempo similar al obtenido con el proceso antiguo, sin embargo el tiempo que se invirtió en la realización del dibujo en Revit incluye la elaboración de una plantilla con elementos constructivos propios de la región, así como el establecimiento de un procedimiento para el dibujo del proyecto. Esto implica un consumo de tiempo que no sería invertido en un futuro debido a que ya se tendría una base para la elaboración de otro proyecto. Una de las partes del proceso que más tiempo consume es precisamente la de la creación y definición de los elementos constructivos, por lo que si no se hubiera tenido la necesidad de las citadas definiciones, el tiempo efectivo utilizado para la elaboración del dibujo, hubiera disminuido al menos en un 50%.

A continuación se presenta una relación de las ventajas y desventajas observadas al proceso propuesto y al final una lista de recomendaciones para la utilización eficiente del software.



## VENTAJAS

Una de las principales ventajas de dibujar el proyecto en el software es el hecho de tener un orden en la ejecución del proyecto, ya que la comunicación de los trabajos a estimar y estimados se hace de manera directa en el dibujo y en tres dimensiones, lo cual ayuda al proceso de identificación de conceptos cobrados y en la negociación de volúmenes a integrar para cobro.

En caso de la existencia de algún cambio en el proyecto, tal como cambio en alguna medida, incremento o decremento de volúmenes de obra, etcétera., se tendrá una modificación completa del proyecto, ya que todos los componentes ligados a los elementos modificados se dimensionarán de manera automática, sin tener que generar nuevamente el proyecto. La cuantificación se hace de manera automatizada y vinculada con los elementos dibujados, por lo que se minimizan los errores por captura de información. Durante la etapa de construcción, basta con seleccionar las fases para obtener la volumetría de los conceptos, lo cual resulta en un ahorro de tiempo en la generación de los volúmenes.

## DESVENTAJAS

El tiempo invertido en el aprendizaje del software puede resultar una carga para el personal interesado en la mejora del proceso. El software contiene un tutorial muy completo para su aprendizaje, sin embargo existen instrucciones que pueden ser confusas en caso de no tener un conocimiento preliminar del software. Un incorrecto establecimiento de la plantilla para la elaboración de proyectos puede resultar en un proceso aún más tardado por las adaptaciones que hubiere necesidad de realizar.

El proceso propuesto implica un cambio importante en la manera de llevar a cabo los proyectos constructivos, por lo que se esperaría una

resistencia al cambio considerable en la actitud del personal operativo. Por ejemplo, se podría llegar a pensar que implica una mayor carga de trabajo al inicio del proyecto, pensar que es una función propia de un dibujante, etcétera. Los resultados que proporciona el Revit, en cuanto a la cuantificación, no se dan de manera directa, sino que deben pasar por un proceso de formateo para cumplir con los requisitos de las diferentes dependencias, lo cual da la impresión de estar haciendo doble trabajo, aunque esto no sea necesariamente así.

Es difícil separar los volúmenes que exceden a los establecidos en el catálogo del presupuesto, ya que para ajustar dichos volúmenes, habría que modificar dimensiones de dibujo, lo cual propiciaría una modificación en todos los elementos dibujados.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo anterior, se requiere de un completo convencimiento en la implementación del proceso por parte del empresario constructor, para que de esta manera, el proceso sea correctamente efectuado. Solamente de esta manera, el proceso llegará a los mandos medios y operativos.

Se requiere tiempo para el aprendizaje en el uso del software, por lo que no debe esperarse resultados inmediatos. Antes de comenzar a dibujar el proyecto es necesario conocer el catálogo de conceptos que integran el presupuesto y la manera en se ejecutará, ya que de esa manera, la plantilla inicial, así como los conceptos elaborados en la misma se realizarán de acuerdo al proceso constructivo, lo cual será necesario para una efectiva división del proyecto en las fases y un correcto seguimiento del avance. El formato que la dependencia requisita, es algo que aún no puede satisfacer el Revit, sin embargo, el software permite establecer la información que se quiera obtener del dibujo, por lo que es posible establecer un formato general y después modificarlo en alguna otra hoja de cálculo para su correcta integración.

Para una completa implementación y utilidad del software, sería necesario que las dependencias sean convencidas de la utilidad del mismo y la manera en que los constructores mejorarían sus procesos de cobro, lo cual mejoraría la calidad de supervisión de las obras, debido a una reducción en el tiempo en la generación de volúmenes, croquis, etcétera. La principal labor de convencimiento sería en el sentido de que se aceptaran los volúmenes generados directamente en el software, tal y como se genera la información.

## CONCLUSIONES

El proceso propuesto de elaboración de estimaciones trae ventajas que impactan directamente en la productividad y competitividad de una empresa constructora, los resultados que se obtuvieron con el proceso propuesto, se requirió de un esfuerzo casi igual al de la elaboración de las estimaciones con el proceso actual. Se tuvo en una mayor coordinación y control de los cobros del proyecto a lo largo del mismo. Lo anterior resulta en una mejora en el tiempo de elaboración de estimaciones y en la disminución de errores durante dicha actividad. Ambos parámetros cumplen con la finalidad de este trabajo, por lo que, de acuerdo a lo presentado, se concluye que el proceso propuesto es una alternativa real para la solución al problema de la elaboración de estimaciones de obra pública.

## TRABAJO FUTURO

Una de las principales razones por la que dicha tecnología no ha sido adoptada es la diferencia entre los conceptos que manejan las diferentes partes involucradas en un proyecto. BIM surgió como la solución al problema de la integración de la información 2D a 3D dinámico, extendiéndola a 4D y especificaciones de obra. Con dicha integración, los fabricantes de productos BIM lograron integrar las tareas de almacenamiento de información y manejo de cuantificación de obra. Todo lo anterior partiendo de soluciones arquitectónicas y de diseño

(Baeza y Salazar, 2005). Lo anterior es difícil hacerlo extensivo al mundo de la administración y gerencia de la construcción. En esta área, las soluciones BIM solo tienen relevancia para el diseño y se presta más atención a cuestiones de obtención de volumetrías, que a cualquier otro aspecto. En este campo, se ha prestado poca atención en el uso de la tecnología BIM en aspectos de costeo, planeación, control y seguimiento de obra, a pesar de que muchos de los sistemas BIM existentes en el mercado, hasta cierto punto, poseen la capacidades para ser extendidas para englobar aspectos de gerencia de proyectos (Khemlani, 2006).

Autodesk™ ha mostrado al mercado norteamericano (Canadá y USA) que los diferentes participantes en la industria de la construcción pueden trabajar de manera cooperativa, en lugar de fomentar la competencia mutua. El desarrollo de software está orientado a la industria de la construcción norteamericana, a los contratistas y los subcontratistas generales y ha atraído significativamente al sector público y al de la educación en dichos países (Khemlani, 2006).

Sin embargo, el solo hecho de contar con dichas capacidades en los sistemas computacionales, no asegura que la generación actual de gerentes de construcción mexicana posean los conocimientos para asimilar dicha tecnología cuando se ponga disponible. De hecho, la generación actual de constructores no ha comprendido en su totalidad la filosofía que soporta a las herramientas BIM actuales (Méndez, 2006).

Debido a lo anteriormente expuesto, se sometió un proyecto interno de la Facultad de Ingeniería de la UADY, que pretende desarrollar este tipo de conexión con los objetos gráficos para lograr un mayor aprovechamiento de las capacidades del sistema Revit, y ponerlas a disposición del programa Sinco Wfi© (el cual es más usado por las empresas locales). Con esto se pretende mostrar cómo se puede poner a disposición de la comunidad de la

industria de la construcción, una metodología para tener más accesible la información procedente de sistemas BIM y hacerla más comprensible para el gremio de la Península.

## BIBLIOGRAFÍA

Baeza Pereyra, Julio R., y G.F. Salazar Ledezma (2005). "Integración de Proyectos Utilizando el Modelo Integrado de Información para la Construcción (Integration of Projects Using the Building Information Model for Construction)." Ingeniería Revista Académica, Septiembre - Diciembre, Volumen 9, Número 3, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

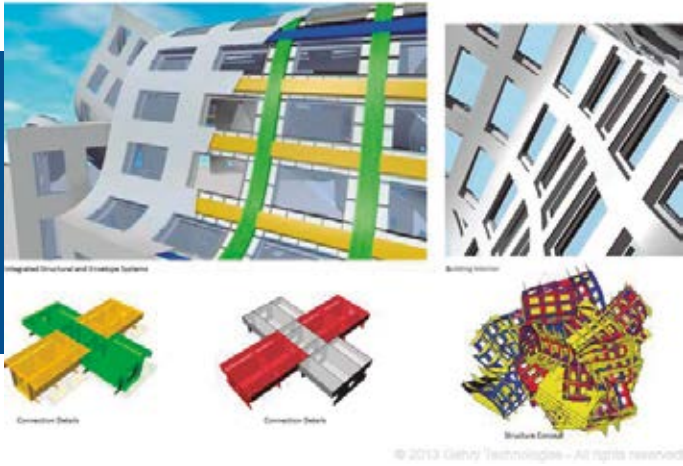
Cornick Tim. Computer-Integrated Building Design, E & FN SPON, United States. 1996 Khemlani, Lachmi (2006), "Visual Estimating: Extending BIM to Construction", AECbytes <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/VisualEstimating.html>

Laudon, K. y J. Laudon. Sistemas de Información para la Administración, Organización y Tecnología", Prentice Hall, 1995.

Méndez, Ronald O. (2006), "The Building Information Model in Facilities Management", Tesis de Maestría, Worcester Polytechnic Institute, Mayo 2006.

Pacheco Cárdenas, Leonel. Mejora de procesos en la elaboración de estimaciones de obras públicas de edificación, en empresas constructoras pequeñas. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. 2006

Turban, E., McClean, E y Wetherbe, J. Tecnologías de Información para la Administración", CECSA. 2001.



**M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Griffé**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
zgrife72@tunku.uady.mx

**M.I. Romel Gilberto Solís Carcaño**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
tulich@uady.mx

**M.I. José Antonio de Jesús González Fajardo**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
jagonz@uady.mx

14

---

UN PROTOTIPO COMPUTACIONAL PARA LA  
ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PLANEACIÓN DE  
OBRAS CON BASE EN MODELOS BIM



## RESUMEN

La extensión de la funcionalidad de las herramientas que permitan la gestión del modelado de información de edificios (BIM), es una práctica que está tomando auge debido a las limitantes que presentan dichas herramientas en función del contexto donde se han utilizado. En este trabajo se presenta el resultado del desarrollo de un prototipo computacional que permite extender una herramienta que gestiona modelos BIM con el objetivo de proveerla con las funcionalidades de: estimación de costos y programación de obra, utilizando la sincronización entre el modelo BIM y una base de datos con la información complementaria de tiempo y costo. El prototipo permite realizar el estimado de los costos unitarios, el presupuesto de la obra, la cuantificación de la misma mediante la asociación de las instancias de los elementos que conforman el modelo BIM y la programación de la obra con el método de precedencias (PDM). Se concluye que es posible extender las herramientas existentes para la gestión de modelos BIM para adaptarlas al contexto. Los autores del trabajo consideran importante seguir explorando la utilización de estas herramientas para adaptar otros procesos de diseño-construcción que dependen en forma sustancial del contexto.

Palabras Clave: BIM, Prototipo, Cuantificación, Estimación de Costos, Programación de Obra.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología de modelado de información de edificios (BIM, por sus siglas en inglés) se ha visto de manera gradual bien recibida por los diseñadores, los constructores e inclusive los propietarios. Cada vez más, los procesos que de manera tradicional se realizaban mediante la interpretación de planos en 2D, tales como: la cuantificación, la estimación de los costos y la planeación de las obras; es posible realizarlas con la valiosa ayuda de BIM. Las posibilidades de la tecnología BIM parecen no tener límites; esto ha quedado de manifiesto dado que otros procesos han comenzado a ser abordados desde este enfoque, tales como: el aprovechamiento de espacios, el diseño energético, la ventilación, la iluminación, operación de edificios, etc. En el mercado se tienen a disposición de los usuarios herramientas que permiten la gestión de modelos BIM, tales como: Autodesk Revit, ArchiCAD, Bentley, por nombrar algunas. Sin embargo, a pesar del hecho de que desde el lanzamiento al mercado de dichas herramientas, sus procesos de mejora han sido sostenidos, se entiende que al final no podrán abarcar todo lo que es posible realizar con la tecnología BIM. En este sentido, se han realizado esfuerzos para lograr la interoperabilidad entre herramientas BIM y otras para otros procesos distintos pero que se pueden asociar. Este enfoque requiere del establecimiento de estándares de comunicación entre dicho software. El problema principal radica en que cada herramienta evoluciona de manera acelerada pero por separado, por lo que se hace difícil mantener un estándar adecuado. Por otro lado, otro enfoque ha sido la extensión de las herramientas BIM existentes; tal es el caso de Autodesk Revit mediante su RevitAPI SDK que permite al usuario desarrollar aplicaciones a la medida, para que aprovechen toda la potencialidad de la gestión del modelo BIM. En este trabajo son presentados los resultados del desarrollo y programación de una extensión para Autodesk Revit 2014 con el objeto de adicionar la funcionalidad para la estimación

de costos, cuantificación y programación de obra mediante el método de precedencias (PDM, por sus siglas en inglés).

## REVITSDK

Autodesk RevitSDK es un conjunto de clases programables en el entorno .NET Framework de Microsoft. Estas clases están incrustadas en dos archivos de extensión DLL: RevitAPI.dll y RevitAPIUI.dll. Cada una de ellas maneja aspectos distintos del modelo BIM en Revit, así como también de la interfaz de usuario para su manipulación. Mientras que con RevitAPI.dll se tiene acceso a todos los elementos, familias y demás componentes que conforman el modelo BIM; con RevitAPIUI.dll se permite el acceso a los elementos de la barra de menú de Autodesk Revit; con la cual se hace posible la creación de comandos para ejecutar tareas específicas sobre el modelo BIM. Existe literatura extensa acerca de cómo aprovechar al máximo las capacidades RevitSDK; una de ellas es la de (Rudder, D, Instant Autodesk Revit 2013 Customization with .NET how-to, 2013). También existen varios blogs en internet con información de carácter práctico tal es el caso de (Tammik, J., The Building Coder, 2013).

## ESTRUCTURA DE LA EXTENSIÓN

SincoBIM es el nombre de la extensión desarrollada para Autodesk Revit, objeto de este trabajo. SincoBIM está conformada por un conjunto de clases programada en Visual Studio 2012 y se instala como un archivo denominado SincoBIM.dll. La extensión utiliza una base de datos en SQLite para hacer persistir la información que mantiene sincronía con el archivo de extensión RVT de un proyecto BIM en Autodesk Revit. SincoBIM se incrusta en Autodesk Revit en su menú principal como un proveedor de funcionalidad extendida para la estimación de costos y programación de obra del proyecto BIM modelado. SincoBIM permite la importación de presupuestos realizados en el sistema estimación de costos SincoWfij.





Figura 14 Menu principal de SincoBIM.



Figura 14.1 Panel de Archivo



Figura 14.2 Panel de Conceptos.

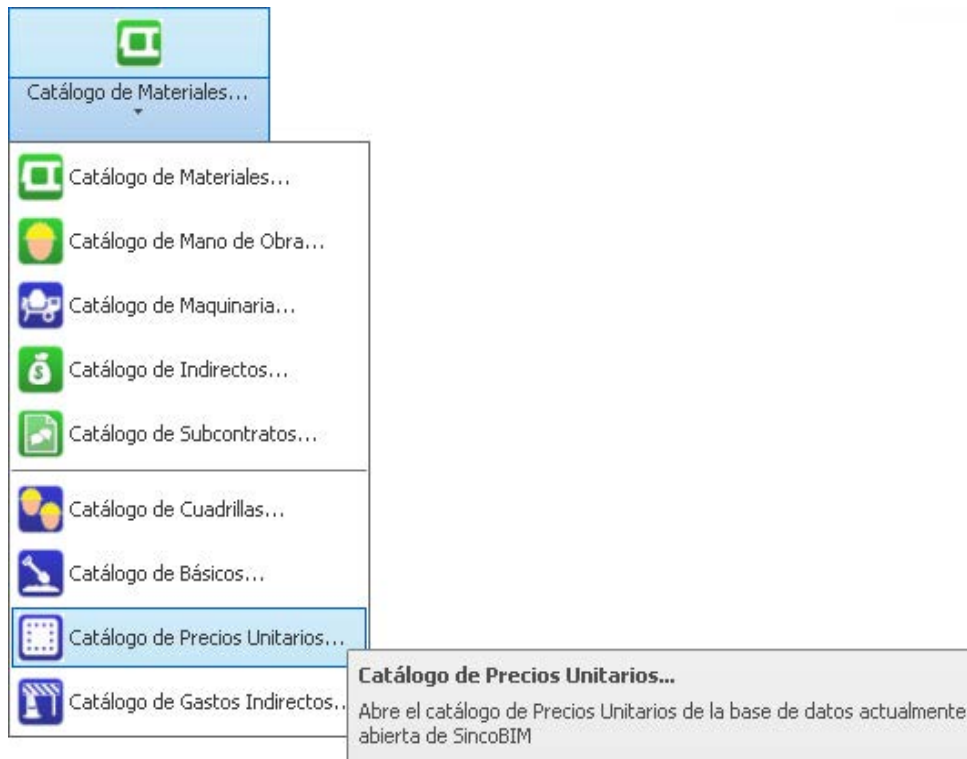
Se utilizaron otros componentes tales como: DXExperience para interface gráfica de usuario, así como el componente para diagramas de Gantt GTP.NET.

## INTERFACE GRÁFICA DE USUARIO

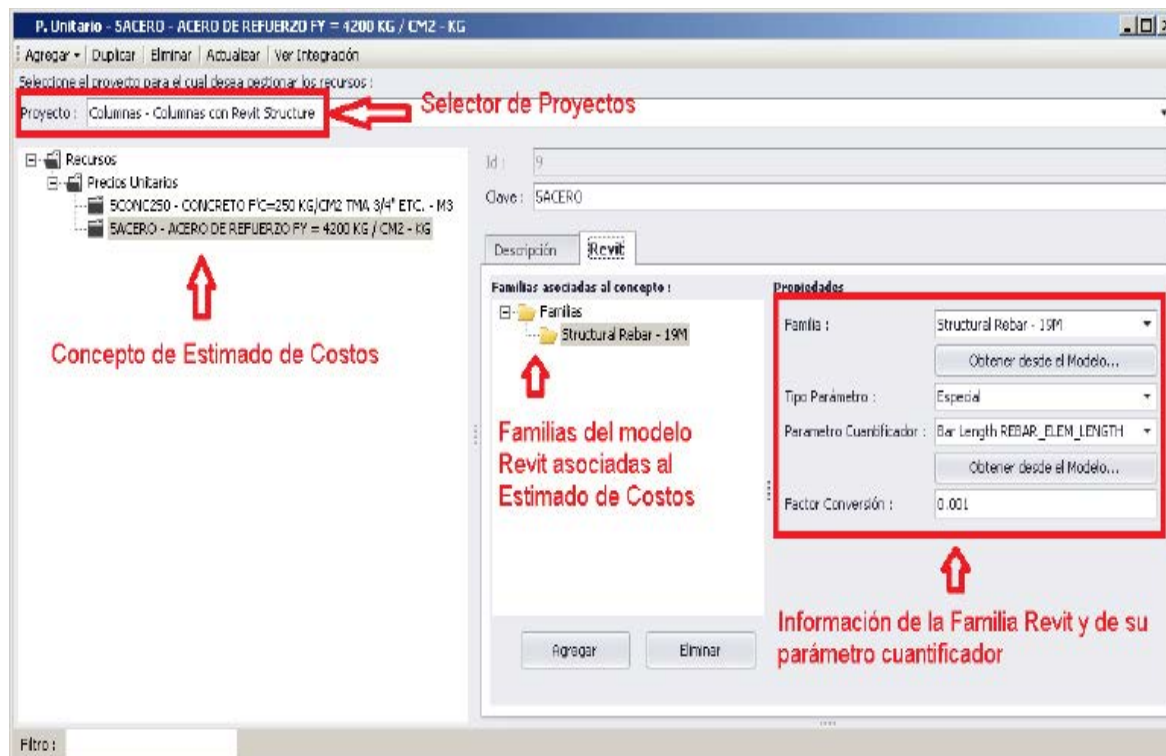
La interface gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) de SincoBIM se divide en un menú principal denominado SincoBIM el cual se descompone en seis paneles: Archivo, Conceptos, Proyecto, Presupuesto, Modelado y Programa de Obra. Cada uno de los paneles cuenta con comandos que permiten realizar acciones muy específicas. En la Figura 14 se muestra el menú principal de SincoBIM y sus seis paneles. El Panel de Archivo mostrado en la Figura 14.1, permite al usuario las siguientes acciones: crear una nueva base de datos para asociarla con el modelo BIM de Revit, abrir una base de datos existente, abrir la última base de datos trabajada en una sesión previa.

Cabe mencionar que hasta que se abre un archivo o se crea uno nuevo los demás paneles del menú SincoBIM son activados. Para acceder a la funcionalidad de estimación de costos, el Panel de Conceptos mostrado en la figura 14.2, permite desplegar los catálogos de los diferentes tipos de conceptos o recursos que forman un presupuesto de obra. En la figura 14.3, se muestran todos los comandos disponibles para acceder a los diferentes catálogos de conceptos por tipo.

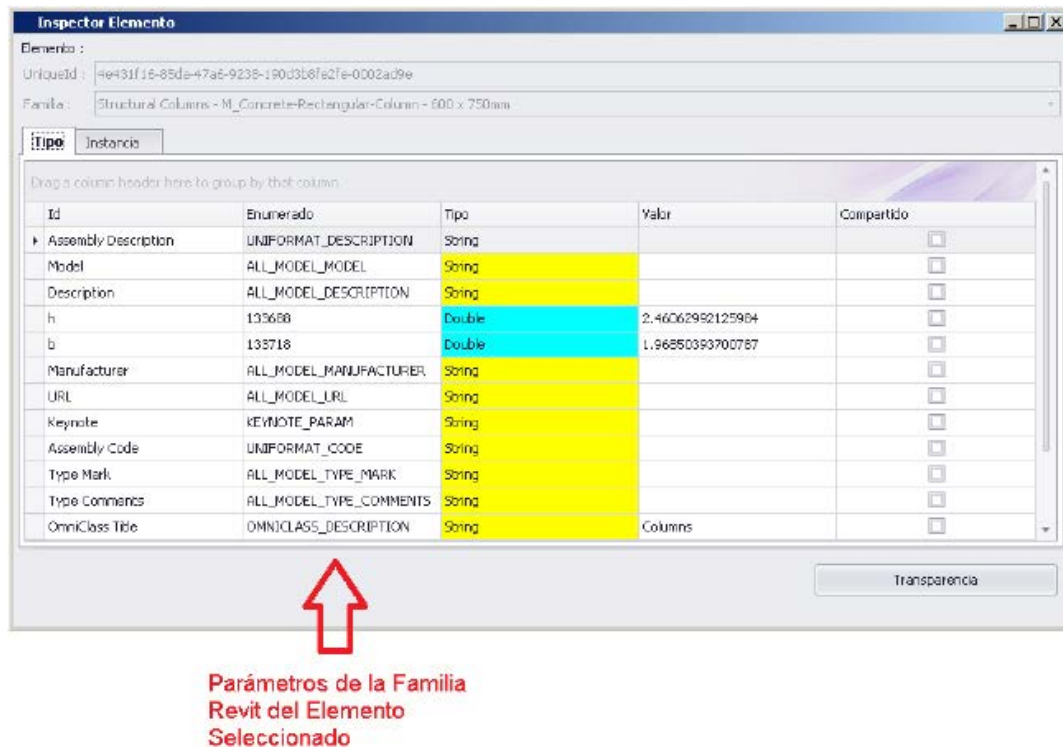
En la figura 14.4 se muestra a manera como ejemplo ilustrativo la ventana del análisis de un precio unitario así como el recuadro de edición de asociación del estimado de costos con sus familias tomadas del modelo Revit. Esta parte es una de las más importantes de SincoBIM, ya que es lugar donde se define la asociación entre los estimados de costo que conforman un presupuesto de obra y las familias de elementos geométricos que les corresponden del modelo Revit.



**Figura 14.3** Comandos del panel de conceptos.



**Figura 14.4** Pantalla del catálogo de Precios Unitarios mostrando la edición de la asociación de estimado de costos con familias del modelo Revit.



**Figura 14.5** Inspector de elementos de SincoBIM.

Cabe mencionar que cada familia en Revit tiene distintos parámetros que aportan información particular sobre las instancias de sus elementos en el modelo. Por ejemplo, si en el modelo existe un muro de concreto y en el presupuesto se tiene un estimado de costo relativo a la fabricación y colado del concreto para dicho muro, entonces se tiene que asociar el estimado de costo con la familia del muro correspondiente y colocar como parámetro de cuantificación el volumen que reporta cada elemento de esa familia en el modelo. De esta manera todos los elementos de dicho tipo de muro podrán ser asociados posteriormente a una cuenta perteneciente a una partida en un presupuesto para cuantificar el volumen de concreto.

SincoBIM permite asociar de manera interactiva la familia y el parámetro de cuantificación mediante la selección de un elemento desde una vista del modelo en Revit. Se implementa un factor de conversión en el caso de que la información proporcionada por

el modelo Revit necesite adaptarse a las unidades del estimado de costo del presupuesto. Se pueden asociar varias familias de Revit a un estimado de costos. Por ejemplo: se pueden asociar las familias pertenecientes a elementos constructivos tales como: zapatas, trabes y columnas de concreto y utilizar para la cuantificación del volumen a fabricar y colar de concreto el parámetro del volumen neto de los elementos. Este tipo de asociaciones permite que más de un tipo de elemento pueda aportar a la cuantificación de los estimados de costos para un presupuesto de obra.

Para poder saber qué parámetros tiene un elemento del modelo en Revit, SincoBIM tiene una herramienta denominada inspector de elementos. De la Figura 14.4 en el recuadro de propiedades de las familias asociadas se observa el botón debajo del parámetro cuantificador con la leyenda: "Obtener desde el Modelo...", esto permite al usuario seleccionar un elemento de la familia



**Figura 14.6** Panel de Proyecto.



**Figura 14.7** Comandos del Panel de Proyecto.



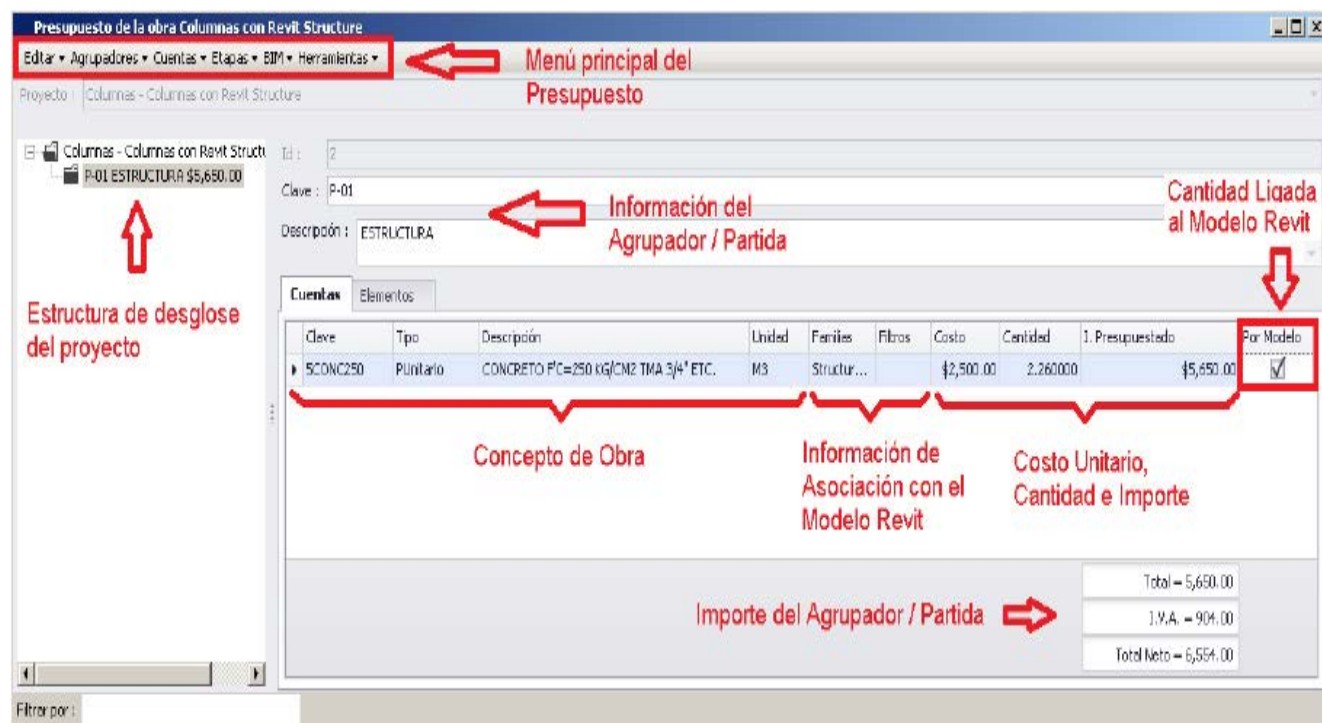
**Figura 14.8** Panel de Presupuesto.

correspondiente y desplegar la herramienta para inspeccionar todos los parámetros de la instancia seleccionada. En la figura 14.5 se muestra un ejemplo de esta ventana.

De esta ventana se permite escoger el parámetro que servirá como cuantificador, a la vez que sirve para explorar los valores que actualmente tiene el elemento seleccionado. Si bien Revit tiene un explorador de propiedades del elemento, el Inspector del Elemento de SincoBIM muestra el tipo de valor que tiene cada parámetro por lo que es más sencillo identificar que parámetro usar para la cuantificación.

Para poder crear un presupuesto de obra, es necesario crear un proyecto o seleccionar uno existente. El Panel de Proyecto mostrado en la figura 14.5 tiene dos comandos principales que se muestran en la figura 14.6. Por un lado permite la selección de algún proyecto para el cual se quiere estimar sus costos y realizar su programa de obra; por otro lado se tiene un comando que permite la creación de un nuevo proyecto o la edición de alguno existente. También cuenta con una caja de texto que retroalimenta al usuario con una etiqueta con la información del proyecto actualmente seleccionado. En la figura 14.8 se muestra el comando de edición del Presupuesto de Obra del proyecto actualmente seleccionado.

Al ejecutar el comando de edición del presupuesto se mostrará una pantalla como la que se muestra en la figura 14.9. La información en la pantalla del presupuesto se divide de tal forma que la estructura de desglose de los trabajos del proyecto se encuentra en un recuadro en la parte izquierda. En este recuadro se define los agrupadores que empaquetan cuentas de estimados de costos. En términos de la Ingeniería de costos a estos agrupadores se les conoce dependiendo de su nivel jerárquico dentro de la obra como: capítulos, partidas, sub partidas, etc. En el recuadro de la derecha se tiene la información de las cuentas que



**Figura 14.9** Pantalla del Presupuesto con la pestaña de Cuentas seleccionada

asocian agrupadores con estimados de costos. La información clásica para el estimado de costo consta de: clave, tipo, descripción, unidad y costo unitario.

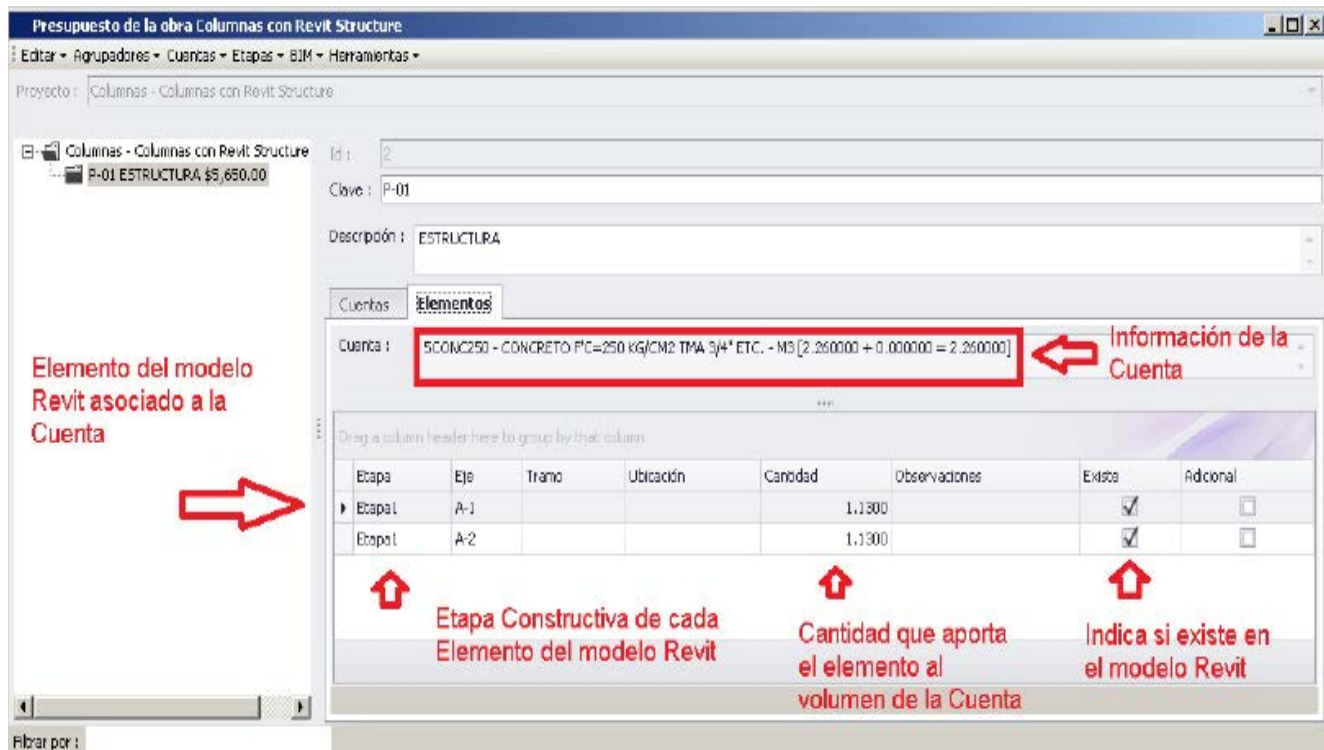
Mientras que para la cuenta los elementos de información clásico son la cantidad y el importe definido como el producto del costo unitario por la cantidad. Para el caso de SincoBIM se han agregado tres columnas adicionales: la familia, los filtros y el indicador de la forma en la que se editará la cantidad de la cuenta. La columna familia permite especificar una o todas las familias asociadas al estimado de costo.

Mientras que los filtros establecen criterios de asociación de elementos del modelo BIM con la cuenta del agrupador. Por ejemplo, si se tiene un estimado de costo para "tubería sanitaria de PVC de 100 mm de diámetro", la familia asociada desde el modelo Revit puede tener distintos diámetros, por lo que se puede establecer que solamente se

puedan asociar instancias de elementos de dicha familia pero que cumplan con la condición de que su diámetro sea de 100 mm. Es decir, si un elemento del modelo es de la familia PVC sanitario pero su diámetro es de 75 mm; entonces este elemento no podrá ser asociado a la cuenta por no cumplir con el la condición del filtro.

En la figura 14.10 se muestra lo mismo que la figura 14.9 pero se tiene seleccionada la pestaña con la etiqueta "Elementos". En esta pestaña se muestran todos los elementos asociados a la cuenta seleccionada del presupuesto. Esta parte viene a ser los números generadores para la cuenta del presupuesto, solamente que la cantidad total está en función de la suma de las aportaciones de los volúmenes de cada instancia de elemento del modelo Revit asociado a la cuenta. Cabe mencionar que si el modelo cambia las cantidades asociadas también la harán, de esta forma se mantiene la sincronía del modelo con su costo





**Figura 14.10** Pantalla del Presupuesto con la pestaña de Elementos seleccionada.



**Figura 14.11** Panel del Modelado.



**Figura 14.12** Panel de Programa de obra.

asociado. Desde esta ventana se puede realizar la asociación de uno o varios elementos del modelo Revit con la cuenta previamente seleccionada del presupuesto. Es importante mencionar que es una de las dos formas que SincoBIM tiene para asociar elementos al presupuesto. En este caso el modelo ya se tiene hecho y solamente se asocian a la cuenta instancias de elementos del modelo Revit que se escojan por el usuario.

La segunda forma SincoBIM tiene de asociar instancias de elementos al modelo es mediante el panel de modelado. En la Figura 14.11 se muestran los comandos disponibles.

Para asociar elementos mediante el modelado se necesita primeramente seleccionar una cuenta destino para la asociación de las instancias que el usuario pretenda modelar. Seguidamente, se presiona el comando de "Iniciar modelado...", esto pone a Autodesk Revit en un estado en el



**Figura 14.13** Pantalla del Programa de Obra

que todas las instancias que se modelen a partir de esta acción se asocien a la cuenta seleccionada. Sin embargo solamente serán asociadas aquellas instancias de elementos que se correspondan con las familias asociadas al estimado de costos que pertenece a la cuenta seleccionada. Una vez que a juicio del usuario se termine de modelar para esa cuenta, se ejecuta el comando de detener modelado y Autodesk Revit deja de asociar los elementos a la cuenta. Al final todo lo modelado de esta forma de forma interactiva se asocia con el presupuesto.

Dependiendo de cómo quiera trabajar el usuario puede asociar instancias de elementos de las dos formas descritas. Finalmente, SincoBIM permite realizar la programación de la obra por el método de precedencias (PDM, por sus siglas en inglés). En la Figura 14.12 se muestra el Panel del Programa de obra que tiene un solo comando que permite la edición del programa. Otro aspecto importante del recuadro de los elementos asociados a la cuenta

del presupuesto es la definición de las etapas constructivas. Es aquí donde se puede especificar cuáles elementos se construirán en qué etapa ya que de esta forma es posible realizar un programa con suficiente nivel detalle para ser utilizado durante la construcción del proyecto.

Al ejecutar el comando de edición del programa de obra se despliega una ventana como la que se ilustra en la Figura 14.13. Por medio de la interfaz de usuario de esta ventana se pueden definir distintas etapas para cada una de las cuentas del presupuesto de obra. Se pueden definir también las precedencias para conformar la red de actividades para poder calcular la duración y las fechas del programa de obra. Cabe mencionar que se puede definir un calendario personalizado para tomar en cuenta aquellos días que no se trabajan ya sea por costumbre o por ley. Las etapas de construcción son las actividades que se programan y para las cuales se definen sus precedencias.



## CONCLUSIONES

El prototipo presentado en este trabajo es una muestra de lo que se puede lograr al extender la herramienta Autodesk Revit mediante el uso de su RevitSDK y otras herramientas. Las posibles aplicaciones de estas herramientas orientadas a la tecnología BIM son ilimitadas.

Por otro lado queda de manifiesto que las aplicaciones actuales requieren de la conjunción de distintas disciplinas tales como: Arquitectura, Construcción, Ingeniería Civil, Ingeniería de Software, Ingeniería de Procesos, etc.; es decir la multi disciplinariedad y las trans disciplinariedad bases fundamentales de la tecnología BIM mismas que se hacen presentes.

Los autores consideran importante el seguir explorando las capacidades de las herramientas aquí presentadas, sobre todo cuando se hace necesaria la adaptación de procesos de diseño-construcción que son sensibles al contexto donde se llevan a cabo. Es aquí cuando al permitirse la extensión de la funcionalidad de una herramienta; las puertas quedan abiertas al desarrollo especializado para intentar resolver problemas específicos del contexto.

## REFERENCIAS

Pramod K., R. (2012) BIM for Building Owners and Developers Making a Business Case for Using BIM on Projects, Wiley, USA.

SincoWfi, 4, México, <http://www.sincowfi.ingenieria.uady.mx/>

DXExperience WinForms, 12, EUA, <https://www.devexpress.com/>

GTP.NET, 4, Suecia, <http://plexityhide.com>

## ACERCA DE LOS AUTORES

El M. en Ing. Const. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Actualmente es Profesor de tiempo completo del Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.

El M. en Ing. Const. Romel Gilberto Solís Carcaño estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Actualmente es Profesor de tiempo completo del Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.

El M. en Ing. José Antonio González Fajardo estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en la Universidad de Berkeley, California, USA. Actualmente es Profesor de tiempo completo del Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.

30 ST MARY AXE - FOSTER + PARTNERS WEBSITE



**Ing. Marco Antonio Medina Pacheco**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
ing.medinapacheco@gmail.com

**Dr. Gilberto Abenamar Corona Suarez**

Universidad de Autónoma de Yucatán Mérida, México  
csuarez@uady.mx

15

---

## LA ADMINISTRACIÓN DE LOS MATERIALES EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN MEDIANTE MODELOS BIM



## RESUMEN

La construcción consiste en la transformación de materiales elaborados y semielaborados en cantidades relativamente grandes donde entre el 50 al 60% de los costos directos de las obras medianas y pequeñas de edificación corresponden a los materiales. La manera tradicional de gestionar los materiales se enfoca a las actividades en sitio y logística, dándole menos importancia a la información generada durante el proceso de gestión de materiales y la disponibilidad hacia las partes involucradas, existiendo deficiencias y problemas relacionados a la compra, suministro en tiempo y forma, logística en sitio, información actualizada y disponible del estado de los materiales, entre otros.

Por otro lado la tecnología Building Information Modeling (BIM por sus siglas en inglés; Modelado de la Información para la Edificación, en español) es una plataforma tecnológica que tiene la capacidad de asociar las características e información de los materiales a los elementos y componentes del proyecto, así como la fácil actualización del modelo BIM con respecto al desenvolvimiento de la edificación. BIM tiene el potencial de facilitar la gestión de los materiales mediante la integración de la información que se requiere a lo largo del proceso de gestión de los materiales. El objetivo general de esta investigación consiste en establecer un marco de referencia para la realización de la administración de los materiales en proyectos de edificación mediante modelos BIM.

Palabras clave: tecnología BIM, administración de materiales, edificación.

## INTRODUCCIÓN

Para que un proyecto de edificación sea exitoso, se requiere una efectiva gestión de los materiales, y en cuanto a esto Domínguez (1993) señaló que el objetivo debe ser encontrar soluciones a los problemas relacionados con la coordinación y el control de los materiales, para lo cual se debe proporcionar una red de comunicación efectiva y controlar el flujo de información involucrado.

Aunque la gestión de los materiales es llevada a cabo de manera muy particular por cada organización, ya se han integrado modelos a seguir para hacerlo de manera adecuada. Solís et al. (2009) describieron los diferentes procesos involucrados: la planeación, la negociación, el pedido, la recepción, el almacenamiento, el uso, el resurtido, el pago y el control, así como la gran diversidad y tipos de materiales utilizados en el proceso de construcción; mientras que Navon y Berkovich (2006) identificaron cinco unidades en la administración de materiales: la unidad de entrada, la unidad de compras, la unidad de seguimiento, la unidad de análisis y la unidad de salida. Por su parte, Tirado Millán (1998) propuso un Sistema de Administración de Materiales (SAM) para la construcción de vivienda masiva que integra siete etapas: 1) Desarrollo del proyecto de ejecución para cada modelo de vivienda tipo, 2) Definición y planeación estratégica del proyecto, 3) Programación y logística del proyecto, 4) Cotización, negociación y selección de los proveedores, 5) Elaboración de pedidos y pagos de facturas a proveedores, 6) Requisición de los materiales de almacén, y 7) Salida de materiales para consumo.

Ala-Risku y Karkkainen (2006) señalan que la manera tradicional de gestionar la cadena de suministros en la construcción es inadecuada, ya que está enfocada en las actividades en sitio y la logística. Ahora se requiere que la información durante el proceso de administración de los materiales se encuentre disponible y de manera

clara para todos los involucrados en la red de suministros. Navon y Berkovich (2006) han clasificado estos problemas en dos categorías: la primera incluye los problemas relacionados a la compra y el suministro de los materiales, tales como las demoras en las entregas de los materiales, entregas que no corresponden a la orden de compra solicitada, pedidos olvidados, cantidades equivocadas de material que llega al sitio, información no disponible sobre el estado de la órdenes de materiales, descripción incompleta o errónea de los materiales, negligencia para tomar en cuenta las condiciones específicas del sitio.

La segunda incluye los problemas relacionados con la logística en el sitio, tales como la supervisión de los materiales, seguimiento del movimiento y acarreo de los materiales en la obra, desperdicio de los materiales, falta de espacio para almacenamiento, falta de información completa y actualizada en el inventario, información incompleta o errónea, y la llegada de materiales no referenciados.

Por lo tanto, se necesita de un cambio hacia la gestión y mejora integrada de la cadena de suministros y de la producción en el sitio. Precisamente, ante esto, ya hay autores que ha comenzado a buscar soluciones de integración en la gestión de los materiales; por ejemplo, Irizarry et al. (2013) han propuesto la mejora de la práctica actual en la gestión de la cadena de suministros mediante la integración de la tecnología BIM y los sistemas GIS (Geographic Information Systems, Sistemas de Información Geográfica), en un sistema único. Según estos autores, esto facilitaría el seguimiento de la cadena de suministros y proporcionaría señales de alerta para garantizar la entrega oportuna de los materiales.

Específicamente, la tecnología Building Information Modeling (BIM por sus siglas en inglés; Modelado de la Información para la Edificación, en español) es una plataforma

tecnológica que tiene el potencial de integrar, al menos informáticamente, los diferentes procesos del diseño y la construcción. Esta tecnología permite administrar la información en dichos procesos mediante un modelo tridimensional del proyecto con objetos paramétricos que representan cada uno de los elementos del proyecto. Fallon y Palmer (2007) han señalado la utilidad de BIM para generar de manera automática y precisa el programa de suministros a partir del modelo 3D del proyecto, además de que dicha información podría transferirse fácilmente a las bases de datos y hojas de cálculo de los estimadores, encargados de las compras y diseñadores.

Ellos también se refirieron a la producción de los programas de manera rápida y sin errores, la reducción en el tamaño de los equipos de estimación, y la mejora en la noción de los costos conforme se va desarrollando el diseño o la construcción.

De acuerdo a las referencias anteriores, BIM tiene el potencial de facilitar la gestión de los materiales mediante la integración de la información que se requiere a lo largo de todos los procesos que incluye dicho sistema. Por lo tanto, parece ser pertinente investigar la aplicabilidad en el contexto local de los modelos BIM en la gestión de los materiales de los proyectos de edificación; para lo cual se han establecido los objetivos descritos a continuación.

### **OBJETIVO GENERAL**

Establecer un marco de referencia para la realización de la administración de los materiales en proyectos de edificación mediante modelos BIM.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar el flujo de información durante la realización de los procesos que incluye la administración de los materiales en los proyectos de edificación.

2. Identificar los procesos de la administración de los materiales en los que sea pertinente aplicar modelos BIM para su facilitación.

3. Establecer los criterios para desarrollar modelos BIM que faciliten la administración de los materiales en los proyectos de edificación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para el logro del primer objetivo, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la bibliografía con el fin de identificar modelos que se hayan definido para la administración de los materiales en los proyectos de edificación. A partir de la revisión bibliográfica realizada hasta ahora, se han identificado los siguientes modelos de gestión de materiales:

1. Modelo de gestión de materiales propuesto por Solís Carcaño, et al. (2009).

2. Modelo automatizado para la gestión de materiales propuesto por Navon y Berkovich (2006).

3. Modelo de administración de materiales para la construcción en Yucatán, propuesto por Alcudia Velázquez (2002).

4. Modelo de administración de materiales para la construcción de vivienda masiva, propuesto por Tirado Millán (1998).

Estos y otros modelos serán analizados con el objetivo de identificar los procesos involucrados en la gestión de los materiales en la construcción. Para los propósitos de esta investigación, se verá la pertinencia de adoptar uno de los modelos identificados o de integrar uno a partir de todos estos. El modelo de la gestión de materiales, ya sea que se haya adoptado uno existente o que se haya integrado a partir de varios, servirá para identificar el flujo de información que se da entre los diferentes procesos que incluya. La identificación de este flujo

de información se llevará a cabo de la siguiente manera:

1. Primero se identificarán los procesos que intervienen en la administración de materiales, de acuerdo al modelo con el que se haya decidido trabajar.
2. Una vez identificados estos procesos, se procederá a identificar a las diferentes partes involucradas en la realización de dichos procesos.
3. Se procederá entonces a identificar la información de entrada y de salida en cada uno de los procesos anteriormente identificados, así como la manera como fluye dicha información entre estos procesos.
4. Posteriormente, se identificará el papel que juega cada una de las partes involucradas, en el flujo de información identificado.
5. Finalmente, se elaborará un diagrama en el que se plasme claramente el flujo de información entre las diferentes partes involucradas.

En el segundo objetivo se deberá identificar cómo puede apoyar el modelo BIM de un proyecto en la realización de los diferentes procesos que incluye la gestión de los materiales y, específicamente, determinar cuál de toda la información identificada con el objetivo anterior es pertinente de integrar en el modelo BIM de un proyecto. Para esto, se desarrollará un estudio de caso con el fin de experimentar la integración del modelo BIM de un proyecto en la realización de los procesos de gestión de los materiales. Se prevé entonces la selección de un proyecto de edificación real cuya información de diseño se encuentre totalmente concluida y disponible como para elaborar el modelo BIM correspondiente. Dicha información será recopilada a partir de la documentación disponible tal como planos, especificaciones,

presupuesto, programa de actividades, programa de suministros, entre otros.

Es mediante la realización de este modelo BIM que se podrán establecer los criterios de modelación requeridos para el tercer objetivo; por lo tanto, se prevé la realización simultánea de las actividades relacionadas con este objetivo con las del tercer objetivo. De hecho, para comenzar la elaboración del modelo BIM del proyecto se deberán considerar los criterios iniciales establecidos como parte del tercer objetivo.

Para la elaboración del modelo BIM se ha seleccionado de manera preliminar el siguiente software:

- Autodesk Revit Architecture 2012, para la modelación de los elementos arquitectónicos.
- Autodesk Revit Structure 2012 para la modelación de los armados de los elementos estructurales.
- Excel y Access de la paquetería Microsoft Office, para la manipulación de la información proveniente del modelo BIM elaborado en REVIT,
- Microsoft Project, para la elaboración de los programas requeridos, y SincoWfi, para la elaboración de las estimaciones de costos.

Este software ha sido seleccionado por su disponibilidad y su interoperabilidad, la cual ha sido comprobada en el contexto local por Audeves Pérez et al. (2012) y Baeza Pereyra et al. (2009). Cabe mencionar que este software también es, a excepción del SincoWfi, consistentemente mencionados en los estándares que ya han sido establecidos para normar el uso de la tecnología BIM.

Una vez que se haya elaborado el modelo BIM en Autodesk Revit, se procederá a decidir qué información identificada como de entrada a los procesos de gestión de los materiales, es factible y pertinente de integrar en dicho modelo. Entonces se decidirá qué información identificada como salida de los procesos de gestión de los materiales,



es factible y pertinente de generar mediante el modelo. Se tiene contemplado que para poder generar parte de esta información, se requerirá la interacción del modelo BIM con otros sistemas más adecuados para la generación de cierta información, tal como el software descrito anteriormente. Se puede considerar entonces que propiamente se conformará un sistema basado en BIM para la facilitación de la administración de los materiales.

Durante el desarrollo de este objetivo se comprobará la utilidad que tiene este sistema basado en BIM mediante la validación de la información que sea posible obtener de él; es decir, determinar si esta información es realmente la que se requiere para la realización de los procesos de gestión de materiales.

Como parte del tercer objetivo se deberán establecer los criterios para integrar la información relevante a la gestión de los materiales en el modelo BIM de un proyecto. Se prevé que estos criterios se establezcan a partir de la experiencia que se gane con la modelación BIM del proyecto utilizado como caso de estudio en el objetivo anterior, por eso, se contempla que las actividades relacionadas con de este tercer objetivo se realicen en simultáneo con la realización del segundo objetivo. Sin embargo, también se entrevé la necesidad de definir criterios iniciales y básicos para la modelación del proyecto con BIM y que son relevantes para la gestión de los materiales. Por ejemplo, parte de estos criterios iniciales se podrían referir a lo siguiente:

1. El nivel de detalle con el que se debe elaborar el modelo BIM, tomando en cuenta las capacidades y limitaciones del software. Por ejemplo, para los propósitos de esta investigación se consideraría necesario modelar los armados de acero de los elementos estructurales, con el fin de poder cuantificar de manera precisa la cantidad de acero.
2. La secuencia con la que se realizan los elementos constructivos del proyecto. Por ejemplo, en

el contexto local los acabados en los muros generalmente se manejan como un concepto de trabajo aparte del concepto de muro de block, ya que estas dos elementos se llevan a cabo en diferentes momentos del proceso constructivo y su costo también se estima como dos diferentes conceptos; esto implicaría que los acabados en muros se tendrían que modelar como un elemento en sí mismo, tal como sugiere Audeves Pérez, et al. (2012).

3. Los métodos de construcción que se hayan decidido utilizar en el proyecto. Por ejemplo, en el caso de utilizar una losa de vigueta y bovedilla sería necesario modelar de manera detallada las viguetas, las bovedillas y el concreto que integran este tipo de losa, pues esto es relevante para la cuantificación de los materiales.
4. La manera como se administran los elementos del proyecto. Por ejemplo, una columna se puede modelar como un elemento integrado para cuya estimación de costo se haya incluido el acero, la cimbra y el concreto; pero también se podrían modelar estos materiales como tres elementos diferentes del proyecto y, de la misma manera, estimar su costo por separado.
5. La interoperabilidad entre las alternativas de software con las cuales se haya decidido trabajar, ya que esto determinará la necesidad de incluir parámetros en el modelo BIM que faciliten su interoperabilidad. Por ejemplo, un modelo BIM realizado con Autodesk Revit requiere la inclusión de parámetros especiales dentro de los elementos modelados para que la información que se extraiga de este modelo sea útil para estimar los costos del proyecto con otro software especializado, tal como Sinco Wfi.

Una vez que se hayan definido los criterios iniciales con los cuales se pueda comenzar a desarrollar el modelo BIM del proyecto, se seguirán estableciendo criterios más detallados en base a la experiencia

que vaya aportando el mismo proceso de modelación. Como parte del logro de este objetivo precisamente se deberá obtener una lista completa de criterios que puedan servir como directrices en el desarrollo de modelos BIM que tengan la capacidad de facilitar la gestión de los materiales de los proyectos.

## CONCLUSIONES

En la revisión de la literatura se han encontrado hasta ahora 4 modelos de administración materiales. Tres modelos pertenecen a la manera tradicional de gestionar los materiales y el cuarto corresponde a un modelo para la automatización de los procesos de gestión de materiales por Navon y Berkovich (2006). Este último modelo hace uso de tecnologías de la información tales como bases de datos, recolección de datos en campo por medio de PDA (Personal Digital Assistance), contiene una unidad de análisis que compara la información generada durante los procesos de la gestión de materiales, así como la capacidad de emitir alertas y reportes cuando exista alguna inconsistencia durante la administración de los materiales. A pesar de que existen modelos para llevar a cabo una adecuada administración de los materiales, aún siguen existiendo problemáticas. Navon y Berkovich (2006) asocian estos problemas en dos categorías: la primera hace referencia a la compra y el suministro, mientras que la segunda categoría se refiere a los problemas derivados del almacenamiento. En el contexto local, en un estudio realizado por González et al. (2010) mencionan que aún siguen existiendo problemas derivados a la administración de materiales, en un 76% los materiales no estuvieron disponibles y en un 67% los costos de elevaron algunas veces.

Por otro lado la tecnología BIM ofrece múltiples ventajas para los diferentes procesos del ciclo de vida del proyecto. Entre estas ventajas destacan la visualización, la coordinación, el análisis y la integración en la cadena de suministros. Sin embargo, a pesar de que existe mucha información acerca

de la tecnología BIM, muy poca hace referencia a la administración de materiales mediante estos modelos. BIM cuentan con el potencial para facilitar la administración de los materiales, debido a la diversidad y cantidad de información que pueden contener, integrando al modelo BIM la información que servirá a lo largo de los procesos de gestión de materiales. Por lo tanto, es pertinente investigar la aplicabilidad de los modelos BIM en la administración de los materiales para los proyectos de edificación.

## REFERENCIAS

- Ala-Risku, T. y Karkkainen, M. (2006). "Material delivery problems in construction projects: a possible solution", *International Journal of Production Economics* 104(1) pp. 19-29.
- Alcudia Velázquez, C. (2002). "Propuesta de un sistema integral de planeación y control de proyectos de construcción en Yucatán", tesis inédita de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Audeves Pérez, S.; Pech Pérez, G.; Solís Carcaño, R. y Corona Suárez, G. (2012). "Metodología para desarrollar modelos de construcción de proyectos de vivienda, utilizando tecnología BIM", *Compilación de artículos de investigación de la red académica internacional de diseño y construcción*, pp. 34-48.
- Domínguez, J. (1993). "Propuesta para la Sistematización y Automatización del Control de Costos de Construcción". Tesis Inédita de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Fallon, K. y Palmer, M. (2007). "General Buildings Information, Handover guide, principles, methodology and case studies". *National Institute of Standards and technology*.
- González, J.; Solís, R. y Alcudia, C. (2010). "Diagnóstico sobre la planeación y control de proyectos en las PYMES de construcción" *Revista de la Construcción*, Vol. 9, No.1(agosto), pp. 17-25.

Irizarry, J.; Karan, E. y Farzad, J. (2013). "Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management", *Automation in Construction* 31 (2013) pp. 241-254

Navon, R. y Berkovich, O. (2006). "An automated model for materials management and control", *Construction Management and Economics*, 24:6, 635-646.

Solís Carcaño, R.; Zaragoza Grifé, N. y González Fajardo, A. (2009). "La administración de los materiales en la construcción". *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13-3, pp. 61-71.

Tirado Millán, I. (1998). "Sistema de administración de materiales para la construcción masiva de viviendas", tesis inédita de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.

#### ACERCA DEL AUTOR

El Ing. Marco Antonio Medina Pacheco estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán. Se ha desempeñado laboralmente como supervisor de urbanización, residente de obra y analista de precios unitarios. Actualmente cursa la maestría en construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán.



2006 - NUEVA YORK, EE. UU. HEARST HEADQUARTERS - FOSTER + PARTNERS WEBSITE



**Dr. Baruch Ángel Martínez Herrera**  
Universidad Autónoma Metropolitana, México  
varuskas@hotmail.com

16

---

ADMINISTRACIÓN DE INSTALACIONES POR  
MEDIO DEL CONTROL DE INFORMACIÓN POR  
MEDIOS GRÁFICOS



## RESUMEN

Se expone la opción de administrar instalaciones por medio de controles de información por medios gráficos con datos electrónicos, se hace énfasis en que la administración de cualquier instalación se realiza a partir de tener la información completa de la instalación (planos finales, guías mecánicas, especificaciones, fichas técnicas, manuales de mantenimiento, garantías, certificados de calidad, etc.), desde su conceptualización y cálculo por los proyectistas, pasando por las modificaciones en obra realizadas durante la construcción, la puesta en operación y arranque de los equipos, así como en su fase de vida útil del inmueble realizando el mantenimiento preventivo y correctivo de las distintas instalaciones siendo este registrable y verificable, colocando y concentrando toda esta información a un sistema con datos electrónicos, es decir, a un proceso de representación gráfica que crea "vistas" multidimensionales, con gran cantidad de datos disponibles, utilizables en todas las fases del proyecto, construcción y mantenimiento para facilitar en la administración de instalaciones. (Concepto B.I.M), entregando esto al cliente final, quién podrá contar con todo el acervo de información para saber: dónde están ubicados los equipos, por dónde pasan las instalaciones, cómo fue construida (especificaciones), cuánto cuesta, cómo es y qué trayectorias tiene, de una manera fácil y práctica a partir de reportes hechos a la medida y necesidades del cliente.

Palabras Clave: administración, instalaciones, control, información, concepto B.I.M.



El hombre ante su necesidad de tener información y controlarla, la ha plasmado en diferentes y variadas formas. En el mundo actual donde existe la más variada y diversa información digital, surge la necesidad de controlarla y catalogarla de una manera más eficiente y rápida, procesándola a los distintos usuarios. En este caso el arquitecto y el ingeniero tienen la necesidad de un mejor control de su información generada a través del proceso de diseño, creación, anteproyecto, proyecto, obra y puesta en funcionamiento del inmueble.

Así, el arquitecto, ingeniero, constructor y dueños de inmuebles deben conocer y ponderar las necesidades que requiere el inmueble en materia de instalaciones. Como estas operarán a todo lo largo de la vida del inmueble, es menester contar con una buena administración de las mismas en general. La administración cuidadosa y el mantenimiento sistemático de las instalaciones serán siempre un aspecto importante para que todos los sistemas o instalaciones funcionen de modo eficiente y continuo. En este sentido, se plantea una reflexión, desde lo general sobre la administración de dichas instalaciones que se constituye en cuatro momentos de generación de información:

- 1) en la etapa de proyecto;
- 2) en la construcción del inmueble;
- 3) en la puesta en marcha del sistema y
- 4) en la vida útil del inmueble.

## 1 - ETAPA DEL PROYECTO

El proyecto de administración de instalaciones propuesto será producto del trabajo de proyectistas, constructores y administradores de la obra con objeto de obtener un resultado que sustente un proyecto profundamente analizado, calculado y puesto en funcionamiento con el respaldo de documentación entregable. La administración y mantenimiento eficaz sólo es posible cuando se conocen en detalle los procedimientos y funcionamiento de operación

de los elementos que interviene en el sistema elegido para la instalación, por ello como primer paso es necesario desarrollar conocimientos fiables sobre los puntos básicos de la instalación ya que de esta forma se sabrá cómo se diseñó con sus limitantes y alcances. Los proyectistas realizarán el proyecto conforme a lo estipulado por el cliente, con las especificaciones que él demanda, bajo la normatividad existente. Así, se procederá al diseño de las instalaciones con base en una especificación de uso a partir del proyecto arquitectónico cuyo producto serán los planos entregados para obra debidamente firmados y aprobados por el cliente y por la autoridad competente para llevar a cabo la construcción; Esto conforma la información de base del proyecto.

El proyecto se deberá calcular por un despacho o un ingeniero con experiencia en instalaciones con poder para firmar y avalar los planos como corresponsable en Instalaciones, ya que el Director Responsable de Obra tendrá la obligación de solicitar estos requisitos a la empresa que realizará los trabajos de construcción y así poder entregar la información esa información al cliente, a la Delegación y conservarla para su registro.

La información sobre las instalaciones se plasmará tanto en planos impresos como en un medio electrónico, describiendo la instalación en plantas, cortes, especificaciones, detalles e isométricos los cuales detallarán cómo debe de construirse. Por otro lado, se elaborarán las memorias de cálculo correspondientes con un respaldo, acompañado de graficas y demostrando características y comportamiento de los materiales para saber bajo qué criterios se colocaron los diámetros y los materiales para la instalación, del mismo modo, se registrarán todos los equipos y motores que serán necesarios para la misma.

## 2 - ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL INMUEBLE

Al final de toda construcción de instalaciones, la constructora tendrá la obligación de entregar al cliente:

- a) Planos actualizados al final de la obra.
- b) Manuales de uso y mantenimiento de todos los equipos.
- c) Manuales de calidad.

Es relevante contar con manuales de calidad que incorporen certificados de calidad de los materiales utilizados, que indiquen bajo qué normas fueron colocadas. Así mismo, se deberán incluir garantías de materiales y colocación. Se recomienda anexar el catálogo de proveedores a fin de poder ubicar y hacer efectivas las garantías, ya que una buena administración en instalaciones se puede medir en cuanto a que la falta de servicio sea imperceptible para el usuario final, esto es, que los servicios no se interrumpan, solo bajen su rendimiento, que se tenga una certeza en cuanto tiempo regresará el servicio que ofrece la instalación o que los servicios de mantenimiento y compostura sean realizados en horarios nocturnos. Por otro lado, cuando se sientan pautas para ejercer una buena administración, conforme a Michael Thomsett:

“se debe establecer un procedimiento para la compra de equipo que incluya la siguiente información: identificación (fabricante y descripción) número asignado de activo (en caso de que exista control de activo) clasificación del activo (equipo, accesorio, etc.) números de modelo de serie o motor, especificar si es nuevo o usado, datos del vendedor o proveedor, fecha de compra, ubicación del activo, información detalla del costo. Además del registro de equipo adquirido debe elaborarse registro detallado de la utilización del equipo, el control del costo de mantenimiento y depreciación” (1994: pag. 127).

## **MATERIALES Y METODOS**

Es un hecho que en toda construcción existen dificultades para seguir a detalle todas las instrucciones e indicaciones del proyecto ejecutivo por tanto, se recomienda contar con los planos finales (as built) y que éstos legalicen el estado real de la construcción, así, se sabrá por dónde

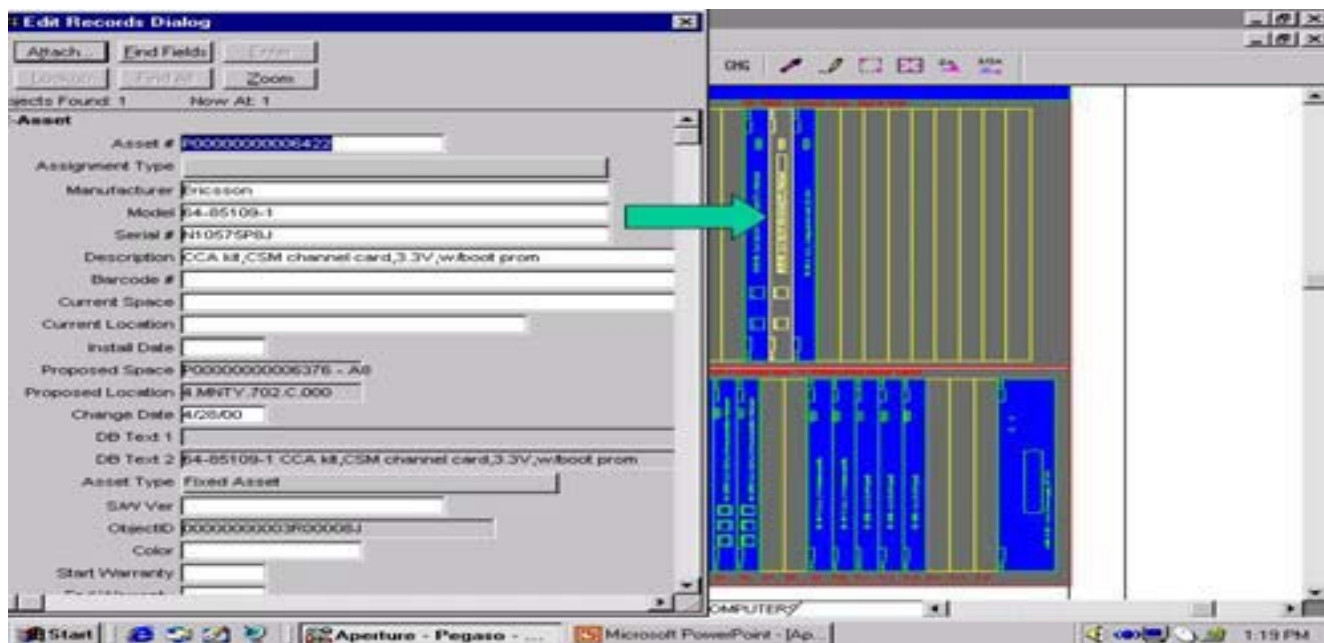
pasan las instalaciones, dónde existen registros y cómo son los equipos; estos planos tendrán que ser especificados a detalle, con plantas, cortes, simbologías, imensiones, isométricos, cedulas, diámetros, soldaduras, características de bases de equipos y tanques, direcciones de flujo, válvulas, cableados, diagramas eléctricos, cargas, tableros, conexiones etc. Vale la pena mencionar que la factura de estos planos es costosa y ostenta cierta dificultad pues no se considera en el contrato original de la obra.

## **3 - PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA**

En esta fase, la obra da sus primeros pasos hacia la vida útil. En la sinergia hombre-instalación, la constructora probará los equipos proyectados originalmente, realizará pruebas de calidad y de trabajo pertinentes antes de recibir todos los trabajos de colocación de equipos y tuberías, con esto se garantizará el sellado correcto en tuberías y el trabajo fiel de los equipos; una vez puestos en funcionamiento. En este mismo período, la constructora se hace responsable de ofrecer capacitación al personal que realizará los trabajos de mantenimiento de dichos equipos por parte del cliente. La constructora otorgará, además, una carpeta técnica al cliente en la cual se explicará en detalle el funcionamiento de todas las instalaciones y los posibles proveedores de servicios en caso de un mal funcionamiento. Habrá que subrayar que ciertos proveedores de equipo especifican claramente que si el equipo no es reparado por su personal autorizado la garantía se perderá.

## **4- LA VIDA ÚTIL DEL INMUEBLE**

En aras de efectuar una buena administración durante el uso continuo de las instalaciones es preciso instituir un registro y verificación constante de los equipamientos involucrados. Por esta razón, es necesario desplegar un programa de control de servicios de mantenimiento durante la vida útil de las instalaciones. Con este cúmulo de información



**Figura 16.1** Pantalla de vaciado de datos, programa Aperture

sobre las instalaciones, se conforma el Expediente Técnico que contiene toda la información técnica del inmueble (arquitectónico, estructural e instalaciones). Esta información se redactará de modo sencillo y se organizará en diversos subtemas y equipamientos a fin de que cualquier persona pueda localizar fácilmente dicha información, ya sea el cliente o en el mejor de los casos el personal de mantenimiento o personal administrativo, el cual se hará cargo de emitir órdenes de trabajo a posibles servidores de mantenimiento que desconocen las características completas de la instalación.

Es importante sopesar del mismo modo a la alternativa de administración anterior, la inclusión de una opción orientada hacia las nuevas tecnologías, que esté manejando el control de información por medios gráficos, como una alternativa de control de información para administrar un edificio o cualquier inmueble que se realiza por medio de lo que se denomina BIM (Building Information Modeling -Modelado de Información para la Edificación).

### **B.I.M. (BUILDING INFORMATION MODELING - MODELADO DE INFORMACIÓN PARA LA EDIFICACIÓN)**

Se trata de un modelo de edificio basado en datos, es decir, un proceso de representación gráfico que crea "vistas" multidimensionales, con gran cantidad de datos disponibles, utilizables en todas las fases del proyecto, construcción y mantenimiento. Este recurso tecnológico impacta positivamente en la comunicación, colaboración, simulación, optimización y administración. (Villamor, en Deconstrumática online: 2009). El BIM se genera mediante la aplicación de un software que permite el control de la información de manera gráfica, lo cual lo hace más amigable al usuario, el programa es capaz de integrar la información generada por los proyectistas, la cual se envía a los constructores y si existe alguna modificación, ésta se realiza directa en los planos y especificaciones para la realización de planos finales (as building) los cuales se entregarán al cliente final, quién podrá contar

con todo el acervo de información para saber: dónde están ubicados los equipos, por dónde pasan las instalaciones, cómo fue construida (especificaciones), cuánto cuesta, cómo es y qué trayectorias tiene, de una manera fácil y práctica a partir de reportes hechos a la medida del cliente. En suma, una nueva modalidad tecnológica de administración de distintas instalaciones que bien se merece considerar.

## CONCLUSIONES

Se hace énfasis en que la administración de cualquier instalación se realiza a partir de tener la información completa de la instalación (planos finales, guías mecánicas, especificaciones, fichas técnicas, manuales de mantenimiento, garantías, certificados de calidad, etc.) En este sentido, se planteó una reflexión desde lo general, sobre la administración de dichas instalaciones que se constituye en cuatro momentos de generación de información:

- I.- en la etapa de proyecto;
- II.- en la construcción del inmueble;
- III.- en la puesta en marcha del sistema y
- IV.- en la vida útil del inmueble.

La inclusión de una opción orientada hacia las nuevas tecnologías, que está manejando el control de información por medios gráficos, es una alternativa de control de información para administrar un edificio o cualquier inmueble que se realiza por medio de lo que se denomina BIM (Building Information Modeling -Modelado de Información para la Edificación). Como se ha mencionado se trata de un modelo de edificio basado en datos, es decir, un proceso de representación gráfico que crea "vistas" multidimensionales, con gran cantidad de datos disponibles, utilizables en todas las fases del proyecto, construcción y mantenimiento. Este concepto que se crea a partir del programa que es capaz de integrar la información generada por los proyectistas, la cual se envía a los constructores

y si existe alguna modificación, ésta se realiza directa en los planos y especificaciones para la realización de planos finales (as building) los cuales se entregarán al cliente final, quién podrá contar con todo el acervo de información para saber: dónde están ubicados los equipos, por dónde pasan las instalaciones, cómo fue construida (especificaciones), cuánto cuesta, cómo es y qué trayectorias tiene, de una manera fácil y práctica a partir de reportes hechos a la medida del cliente.

## TRABAJOS FUTUROS

Se está trabajando en dos proyectos piloto dentro de la investigación realizada en el doctorado que realiza el autor, en los cuales uno es para el control de activos y su administración y el otro interviene para el control de las instalaciones y su administración.

## REFERENCIAS

- Assael, David (2008) Adiós al CAD. En Deconstrumática online. Disponible en: <http://de.construmatica.com/principales-tendencias-tic-en-construccion/> Obtenido el 1 de julio de 2010.
- Deconstrumática Online (2009), Entrevista a Miguel Villamor de Nemetschek. Disponible en: <http://de.construmatica.com/del-cad-al-bim-ii-la-profundidad-del-cambio/> Obtenido el 1 de julio de 2010.
- Gobierno del Distrito Federal (2004), Normas Técnicas Complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas. Editorial, Gaceta Oficial del Distrito Federal (6 de oct.). México D.F.
- Reglamento de Construcción del Distrito Federal (2004), Editorial, Gaceta Oficial del Distrito Federal (29 de ene.). México D.F.

Thomsett, Michael (1994), Contabilidad para el constructor, guía para arquitectos e ingenieros civiles, Editorial Trillas, México D.F.

### ACERCA DEL AUTOR

El Maestro en Arquitectura Baruch Ángel Martínez Herrera estudió la licenciatura en Arquitectura en la Universidad Autónoma Metropolitana plantel Azcapotzalco (1994). Posteriormente se graduó como Maestro en Arquitectura en la Universidad Autónoma de México (2003) con el tema "Prospectiva Arquitectónica", actualmente desarrolla el Doctorado en nuevas tecnologías en la Universidad Autónoma Metropolitana plantel Azcapotzalco. En la práctica profesional ha participado en proyectos como la remodelación del Palacio de Lecumberri (actual Archivo General de la Nación), gerencia de proyecto para Terminal B del Aeropuerto Internacional de Monterrey, supervisión de los trabajos del edificio Polivalente en Palacio Nacional, entre otros.



**Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma, PhD, - DBIA**

Department of Civil & Environmental Engineering,  
Worcester Polytechnic Institute – USA  
salazar@wpi.edu

**Dr. Sergio Omar Álvarez Romero**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
aromero@correo.uady.mx

**M.I. María de Lourdes Gómez Lara**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
gluglu75@hotmail.com

17

---

SEGUIMIENTO AL PROGRAMA DE OBRA  
UTILIZANDO BIM 4D Y CAMARAS WEB





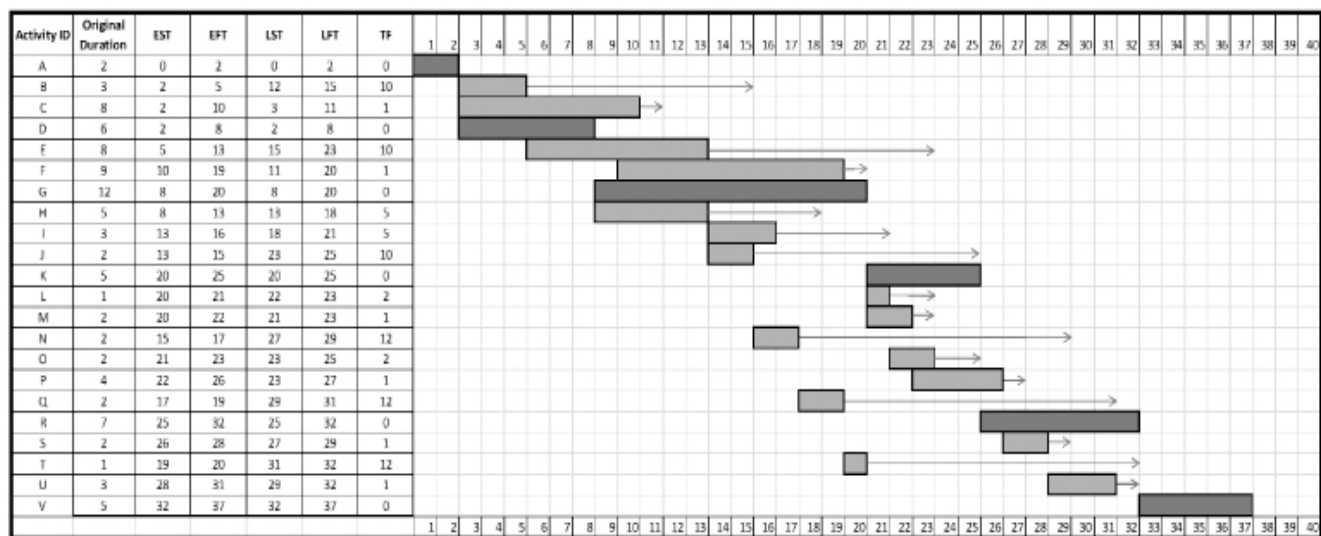
## RESUMEN

Durante la planeación y control de un proyecto de construcción, el programa de obra es un elemento clave en la administración del proyecto. Las representaciones visuales como los diagramas de Gantt o CPM son de utilidad en las reuniones periódicas en las que se le da seguimiento y se toman las decisiones para controlar el proyecto y conseguir su culminación exitosa.

La tecnología emergente conocida como Modelación de la Información de Construcción (BIM por sus siglas en inglés), es la representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción, y como tal sirve como una fuente de conocimiento compartido acerca de un proyecto de construcción, creando una base confiable para la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esta tecnología permite una nueva forma de visualizar el programa de obra utilizando un modelo BIM 4D, que es una simulación visual de la secuencia constructiva del proyecto.

En este trabajo se exponen las ventajas y limitaciones, en base a la experiencia documentada, de un método alternativo para realizar el seguimiento del programa de obra utilizando un modelo BIM 4D y la información registrada en imágenes por cámaras web, situadas en diferentes ubicaciones del proyecto para su actualización periódica.

Palabras Clave: BIM, 4D, Administración de Proyectos, Programa de Obra.



**Figura 17.1** Ejemplo de un diagrama de Gant.

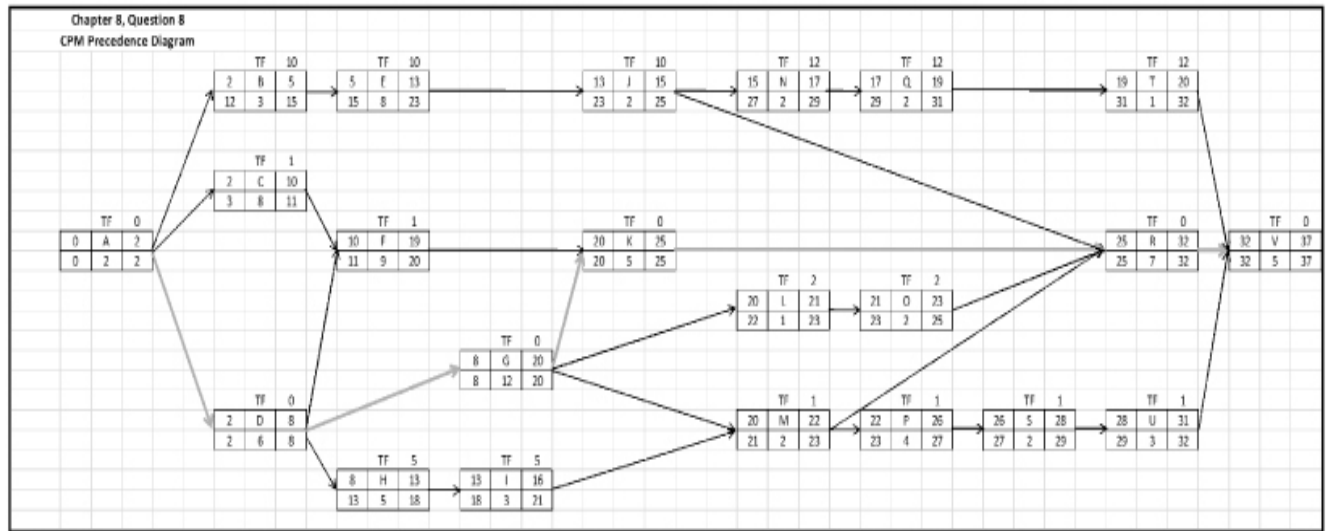
## INTRODUCCIÓN

La administración de proyectos es el arte y ciencia de coordinar personas, equipo, materiales, dinero y programas de obra para completar un proyecto en tiempo y en el costo aprobado. El programa de obra es creado determinando el método constructivo y la secuencia de actividades para realizar una operación de construcción, asegurando que todas las actividades importantes para la realización del proyecto son tomadas en cuenta (Oberlander, 2000). Usando las actividades plasmadas en un programa de obra, se crea una representación visual de éste, usualmente en la forma de un diagrama de Gantt o de una red CPM o Ruta Crítica.

El diagrama de Gantt es de utilidad para visualizar las actividades que se realizan en un determinado momento y su duración. Típicamente se representan en rojo las actividades que forman parte de la ruta crítica, tal como se puede apreciar en la (figura 17.1). Otra representación visual usada con frecuencia es la red CPM, en la que se representan las actividades como nodos y las relaciones entre estas como flechas. Este tipo de diagramas es de utilidad para encontrar conflictos en el programa de obra (ver figura 17.2).

Durante la planeación y control de un proyecto de construcción, el programa de obra es un elemento clave de la administración del proyecto. Las representaciones visuales, como los diagramas de Gantt o CPM, son de utilidad en las reuniones periódicas en las que se le da seguimiento y se toman las decisiones para controlar el proyecto y conseguir su culminación exitosa.

La tecnología conocida como Modelación de la Información de Construcción (BIM por sus siglas en inglés), es la representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción y como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido acerca de un proyecto de construcción, creando una base confiable para la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Smith 2007). Esta tecnología permite una nueva forma de visualizar el programa de obra mediante una representación con un modelo BIM 4D, que es una simulación visual de la secuencia constructiva del proyecto (figura 17.3). Esta es una representación menos abstracta que el diagrama de Gantt o una red CPM, es más fácil de entender por personas sin un conocimiento técnico de la administración de proyectos, como es frecuente en



**Figura 17.2** Ejemplo de un diagrama de CPM (Fournier et all, 2011)



**Figura 17.3** Ejemplo de un Modelo BIM 4D (Gómez, 2011).

los inversionistas, los clientes o los dueños de los proyectos de construcción.

Para el personal técnico, un modelo BIM 4D ofrece una herramienta visual que representa elementos físicos reales del proyecto de construcción, y mediante la simulación es más fácil detectar errores en la secuencia de actividades en comparación con un diagrama de Gantt o una red CPM. Si el proyecto constructivo utilizó un modelo BIM para efecto

de generar planos, o algún otro de los usos de un modelo BIM, y se cuenta con el programa de obra, convertir el modelo BIM 3D en un modelo 4D, es una tarea de baja complejidad que, dependiendo del nivel de detalle que se requiera, puede requerir de una cantidad importante de tiempo para su realización. El tener un modelo BIM 4D no garantiza el éxito del proyecto, al igual que con el diagrama de Gantt o la red CPM, el programa de obra no es útil para el control del proyecto, si no



**Figura 17.4** Centro de Recreación del Instituto Politécnico de Worcester.

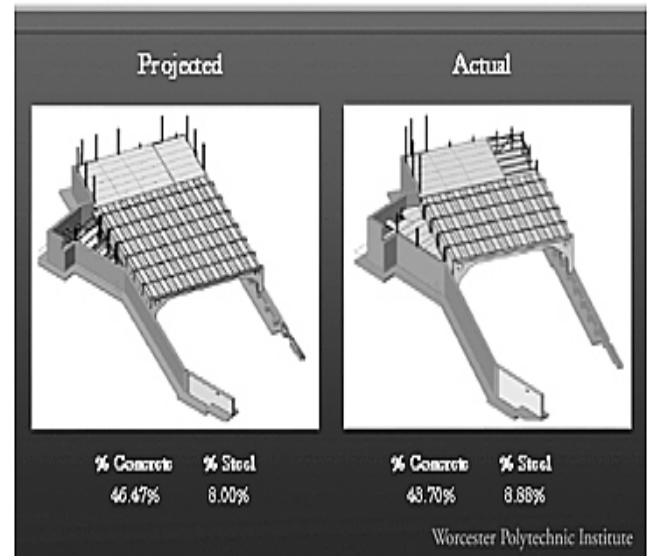
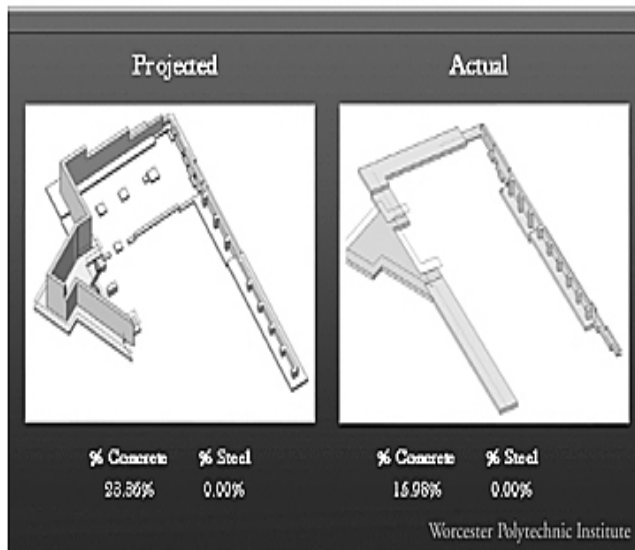
se le da el seguimiento y la actualización adecuada. La actualización del programa de obra es una tarea más demandante de tiempo que la misma realización del programa de obra, pues requiere la evaluación física en sitio del progreso de las actividades de construcción y su registro adecuado para poder realizar una comparación contra las fechas planeadas. Para el personal técnico, un modelo BIM 4D ofrece una herramienta visual que representa elementos físicos reales del proyecto de construcción, y mediante la simulación es más fácil detectar errores en la secuencia de actividades en comparación con un diagrama de Gantt o una red CPM.

La actualización del programa de obra es una tarea más demandante de tiempo que la misma realización del programa de obra, pues requiere la evaluación física en sitio del progreso de las actividades de construcción y su registro adecuado para poder realizar una comparación contra las fechas planeadas. El registro del avance de las actividades de construcción, es en la mayoría de los casos mediante la observación y medición física en el sitio, registrándose por medio de papel y lápiz

o mediante la captura en dispositivos electrónicos móviles. Sin importar el método de recolección y registro de esta información, es una tarea fundamental para el control de obra, y debido a su dificultad es común que esta parte importante del control no se realice (Álvarez y Loria, 2006). En este documento se expone la experiencia documentada de un método alternativo para realizar el registro del avance de obra, con la ayuda de la información registrada en imágenes por cámaras web, situadas en diferentes ubicaciones del proyecto, y un modelo BIM 4D.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto donde se probó este método es la construcción del Centro de Recreación del Instituto Politécnico de Worcester (WPI), en Massachusetts, EUA (figura 17.4). Este proyecto albergará las actividades deportivas de la comunidad estudiantil de esta institución. El proyecto fue iniciado en mayo del 2010 y actualmente se encuentra en construcción. La empresa encargada del diseño realizó un modelo BIM del proyecto con fines



**Figura 17.5** Comparación visual entre avance proyectado y actual (Fournier et al, 2011).

ilustrativos y de uso interno de la empresa, no como un entregable estipulado en el contrato de este proyecto. Un aspecto importante en la mecánica de trabajo en el proyecto, son las reuniones periódicas de seguimiento, en las que se vigila el progreso del proyecto respecto al costo y al tiempo de ejecución estipulados en la planeación.

A esta reunión acuden representantes del WPI, de la empresa que funge como Gerente del Proyecto y de la empresa diseñadora del proyecto. Para el seguimiento de la construcción, la empresa a cargo de la Gerencia del Proyecto utiliza el software Primavera Project Planner, y lo actualiza regularmente. Hasta este momento el programa original ha sufrido al menos 4 modificaciones.

El método alternativo probado para el registro del avance del proyecto y su comparativa con el plan original, se realizó utilizando el modelo creado por la empresa encargada del diseño. Se hicieron dos variantes, la primera utilizando Revit únicamente y la segunda utilizando software BIM especializado para este propósito. La primera variante fue

desarrollada por un grupo de cuatro alumnos del último año del nivel de licenciatura de la carrera de Ingeniería Civil del WPI (Fournier et al 2011). En esta variante se tomó el modelo proporcionado por la empresa diseñadora, hecho con el software Autodesk Revit y el programa de obra realizado por la Gerencia del Proyecto hecho en Primavera Project Planner.

El primer paso fue simplificar el programa de obra a 8 fases, que comprenden toda la estructura del edificio. Cada una de las fases comprendía el trabajo hecho en un periodo de un mes, a partir del 15 agosto 2010 al 15 de abril de 2011. Una vez identificadas las actividades de cada fase, se identificaron los elementos correspondientes en el modelo y utilizando la herramienta "Phases" del software Autodesk Revit, se crearon las 8 fases dentro del modelo, de tal manera que fue posible visualizar la apariencia que debería tener el proyecto en cada una de estas fases (figura 17.5).

Para hacer la comparación se creó un modelo con los avances reales en los mismos periodos





**Figura 17.6** Registro fotográfico del 15 de Septiembre y 15 de Noviembre.

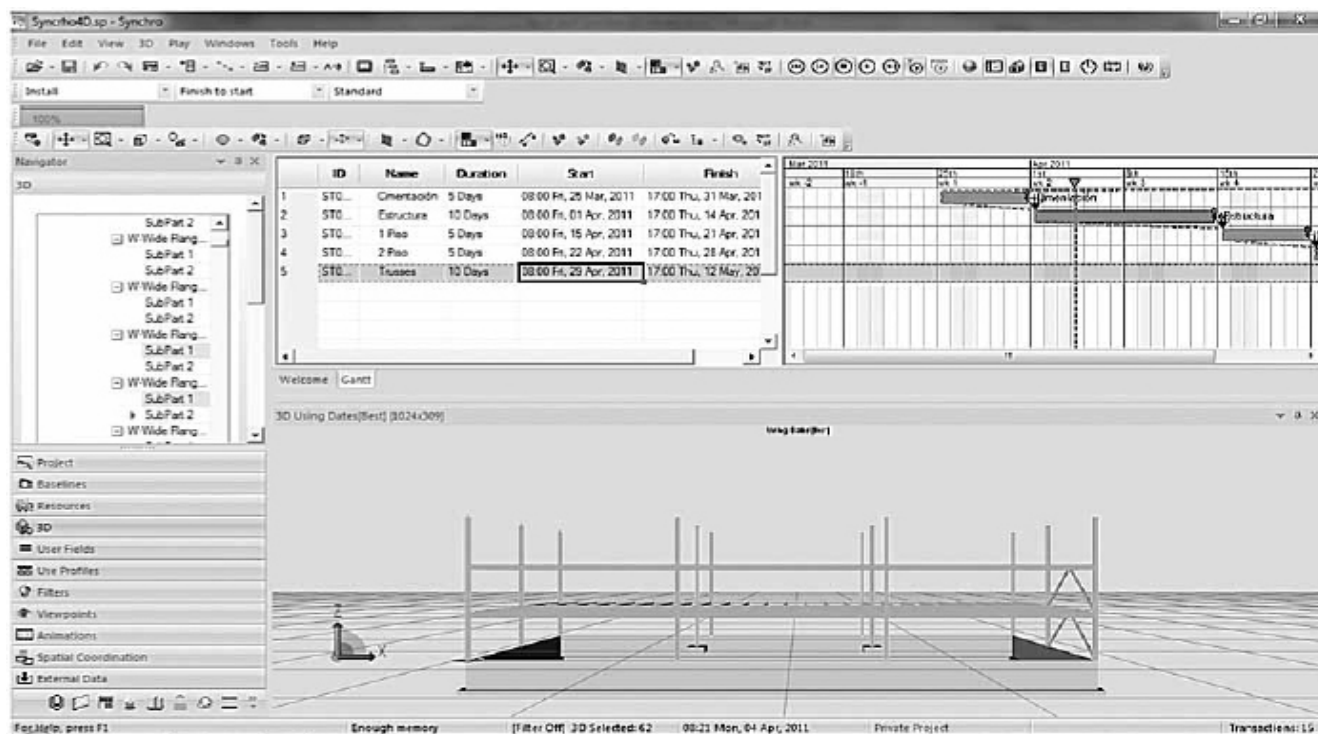
de las fases. Para evaluar el avance se tomó la información registrada por las cámaras web ubicadas en distintas partes del proyecto (figura 17.6), identificando en la fotografía los elementos construidos, los cuales se agruparon de nuevo para construir el modelo que representa el avance (figura 17.6, derecha).

Los resultados de esta propuesta se mostraron en una de las reuniones periódicas de seguimiento, las opiniones de los participantes coincidieron en que la comunicación visual de las diferencias entre lo planeado y lo real es muy clara y objetiva, sin embargo el esfuerzo necesario para obtener estas comparativas periódicas en relación al valor de lo que puede aportar en la discusión de la reunión no fue apreciado de manera consensuada. Los representantes de la constructora apreciaron las ventajas visuales y de comunicación, sin embargo la relación costo-beneficio no fue aceptada como rentable. A pesar de lo anterior, los representantes del dueño expresaron su deseo de poder contar con

esta clase de reportes en las reuniones, ya que, al no ser personal técnico, es fácil comprender la evaluación del avance del proyecto. La gran desventaja de esta alternativa, radica en la gran cantidad de tiempo que se requiere para generar el modelo que represente el avance real, ya que el Revit no cuenta con herramientas que agilicen este proceso.

Una segunda variante a esta alternativa fue desarrollada por una estudiante de intercambio del programa de maestría del WPI-UADY. En esta variante se evaluaron primero las herramientas BIM 4D, con el propósito de observar cuál era la más adecuada para los propósitos de este proyecto. Producto de esta evaluación se encontraron dos herramientas que permitían, de manera muy similar, cumplir con la tarea requerida, Autodesk Navisworks y Synchro.

Con estas herramientas es posible importar el modelo en formato Revit a sus respectivas plataformas. Para representar el programa de obra



**Figura 17.7** Simulación del avance planeado.



**Figura 17.8** Simulación de la comparación entre el avance planeado y el real.



en lugar de agrupar los elementos del modelo en frases, se crean relaciones permanentes entre los elementos y las actividades calendarizadas, estas actividades calendarizadas son obtenidas directamente importándolas desde el archivo que contiene el programa de obra, que en este caso fue realizado en primavera. Estos software contienen herramientas que agilizan notablemente la tarea de relacionar una actividad con los elementos del modelo. Una vez relacionados los elementos del modelo y las actividades del programa de obra se puede visualizar una simulación de la secuencia constructiva (figura 17.7), visualmente más ilustrativa en relación a las imágenes estáticas que se pueden generar con Revit. Para registrar el avance real del proyecto, para esta alternativa, se utilizaron las mismas imágenes provenientes de la cámara web, solo que esta vez, en lugar de realizar un modelo separado con fases, en el mismo modelo dentro de Navisworks o Synchro, se actualizan las actividades del programa de obra registrando el avance de acuerdo a lo observado en las imágenes. Una vez registrado el avance se puede simular la secuencia real del proyecto, y más importante aún, la simulación comparativa entre lo planeado y realmente ejecutado, lo cual se hace utilizando códigos de colores durante la simulación (figura 17.8). En esta investigación, se realizó la simulación utilizando el color gris para las actividades que se encontraban terminadas en determinado momento de la simulación, verde para las que estaba en proceso, y rojo para las que deberían de estar iniciadas pero que no habían iniciado, tal y como se puede apreciar en una captura de un momento de la simulación en la (figura 17.8).

## CONCLUSIONES

Aunque es posible realizar un seguimiento al proyecto utilizando Revit, el esfuerzo para hacerlo, lo hace impráctico si se realiza periódicamente con intervalos muy cortos entre corte y corte. Sin embargo, si se utiliza alguna de las herramientas disponibles, como las utilizadas en este estudio,

este problema se solventa, ya que el esfuerzo se concentra en relacionar el modelo BIM a las actividades del programa de obra. El esfuerzo subsecuente es el mismo que se realiza utilizando software especializado para la administración de proyectos, como el Primavera o el Microsoft Project.

El uso de cámaras web para registrar el avance de la obra es una opción práctica que ayuda a agilizar esta tarea, aunque tiene la limitante de que siempre existirán elementos que no queden dentro del alcance visual de la cámara, y por lo tanto habrán imprecisiones en el registro.

## REFERENCIAS

Oberlender, G. D. Project Management for Engineering and Construction; McGraw Hill; ISBN 0070393605; USA 2000.

Smith, D. An introduction to Building Information Modeling (BIM), Journal of BIM, Fall 2007, Matrix Group Publishing Inc; USA 2007.

Gómez-Lara, M. L.; 4D Modeling, Independent Study Report, Worcester Polytechnic Institute, USA 2011.

Álvarez, S y Loría J.; Data Collection System for Labor Intensive Projects; Proceeding of Construction Research Congress 2005; ASCE, USA 2005.

Worcester Polytechnic Institute, A new Center for Excellence. web site <http://sportsandrecreation.wpi.edu/>, recuperado el 1 de septiembre de 2011.

Fournier, K.; Munion, S. and Stella, J.; Construction Management and Alternative Design Analysis; Major Qualifying Project Report, Worcester Polytechnic Institute, USA 2011.



**Arq. Pamela Leticia Alcalá Certz**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
pamelaalcala88@gmail.com

**M.I. Selene Aimee Audeves Pérez**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
selene.audeves@correo.uady.mx

**M.I. José Antonio de Jesús González Fajardo**

Universidad Autónoma de Yucatán – México  
jagonz@uady.mx

**Dr. José Humberto Loría Arcila**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
jose.loria@uady.mx

18

---

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE  
ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA  
LA UADY, UTILIZANDO TECNOLOGÍAS SIG Y BIM



## RESUMEN

La administración de la Infraestructura se define como el proceso de administrar la infraestructura de un territorio de la manera más eficiente por medio del análisis del ciclo de vida de los componentes de una comunidad. Dicha administración juega un papel muy importante en la planeación, mantenimiento y operación de la infraestructura tanto a corto como largo plazo, teniendo como salidas principales: los costos del ciclo de vida, niveles de servicio, riesgos y demandas futuras, asistencia a los administradores con información completa para la toma de decisiones, mejorar los datos de administración y la evaluación del retorno de la inversión. Ante lo anterior, se desarrolla la presente investigación cuyo objetivo es elaborar un sistema para la administración de la infraestructura del Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán, utilizando Sistemas Información Geográfica (SIG) y tecnología Building Information Modeling (BIM).

En dicho sistema se definirán los procedimientos y la información requerida para diseñar un modelo conceptual que podrá ser tomado como ejemplo para otras instalaciones universitarias.

Palabras clave: administración de Infraestructura, SIG y BIM.

## ABSTRACT

Infrastructure Management is defined as the process of managing the infrastructure of an area as efficiently by analyzing the life cycle of the components of a community. Such administration plays an important role in the planning, maintenance and operation of infrastructure both short and long term, with the main outputs: the life cycle costs, service levels, risk and future demands, support managers with complete information for decision-making, improve data management and evaluation of the Return of the Investment (ROI). Given the above, the present research aims to develop a system for managing infrastructure of the Engineering and Exact Sciences Campus of the Autonomous University of Yucatan, using Geographic Information Systems (GIS) and Building Information Modeling (BIM). Under that system procedures and information, a conceptual model will be developed so it could be used as an example for other university facilities.

Keywords: Infrastructure management, GIS, BIM.

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Elaborar un sistema para la administración de la infraestructura del Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y tecnología Building Information Modeling (BIM).

## INTRODUCCIÓN

La infraestructura civil es esencial para la prosperidad económica y la calidad de vida. Desafortunadamente, no importa que tan bien esté diseñada o construida la infraestructura, ésta se deteriora con el paso del tiempo y por el uso. Por este motivo el mantenimiento de dichas instalaciones es demandante, y la situación actual ha sido

exacerbada debido al hecho de que se postergó durante muchos años las tareas de mantenimiento para usar los recursos en nuevas construcciones. En 2005 la American Society of Civil Engineers (ASCE) realizó un estudio que examinó 15 categorías de infraestructura e instalaciones de Estados Unidos, estimó que se necesitaría una inversión mínima de \$1.6 trillones de dólares para regresar las instalaciones a sus estándares originales[1]. Esto nos indica que hay una preocupación y estudios de costos de operación y mantenimiento de la infraestructura construida que no se consideraron en el momento de su ejecución.

## ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

La administración de la infraestructura se define como proceso de administrar la infraestructura de un territorio de la manera más eficiente por medio del análisis del ciclo de vida de los componentes en una comunidad con el propósito de desarrollar información sobre el mantenimiento futuro, nuevos desarrollos y la capacidad de dicho componente[2].

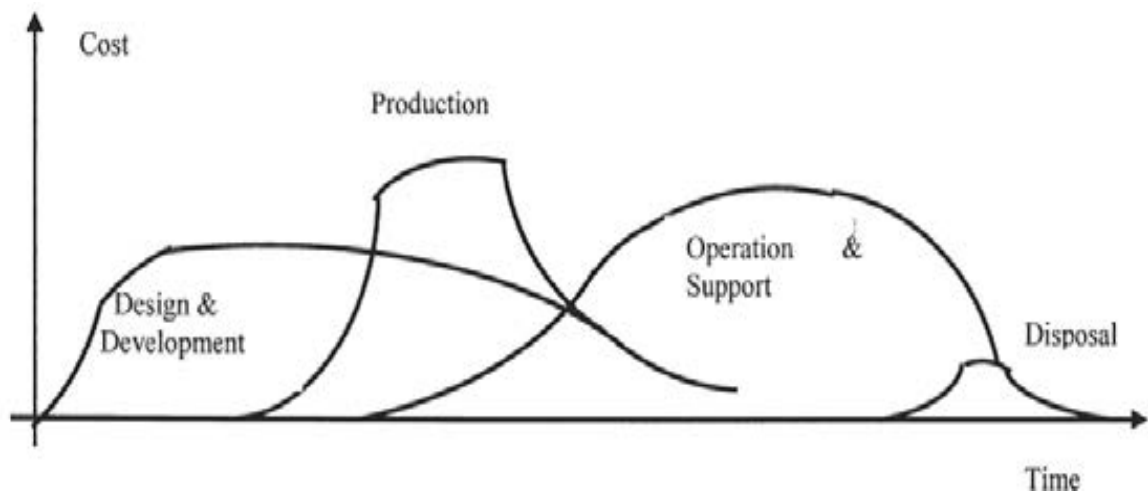
Dicha administración juega un papel importante en la planeación, mantenimiento y operación de la infraestructura tanto a corto como largo plazo; teniendo como salidas principales: los costos del ciclo de vida, niveles de servicio, riesgos y demandas futuras, asistir a los administradores con información completa para la toma de decisiones, mejorar los datos de administración y la evaluación del retorno de la inversión[3]. Este término ha cobrado importancia debido a que se

---

1 - Pratt R. (2011) Mulling Infrastructure Efficiency, Service Management. Powergrid. Disponible en: <http://www.power-grid.com> Recuperado el 24 de enero de 2014.

2 - MunicipalAssetManagementPlans(2010).Disponibleen [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset\\_Management/Toolsand\\_Resources/AssetSMART](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Toolsand_Resources/AssetSMART)

3 - Municipal Asset Management Plans (2010). Documento Tomado de [http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide\\_for\\_Municipal\\_Asset\\_Management\\_Plans](http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans). Capturado: Mayo 07, 2014. Traducción libre por: Pamela Alcalá



**Figura 18.1** Programa de construcción, Modelo de producto (3D), Simulación. (4D)

ha observado que las organizaciones alrededor del mundo están siendo contratadas no sólo para proveer productos, sino para ofrecer soporte técnico a lo largo de su vida útil.

Esto significa que los trabajos de operación, mantenimiento y actualización ya no recaerán con el cliente sino que será responsabilidad del proveedor del servicio[4]. La herramienta del análisis del costo de ciclo de vida (LCC, por sus siglas en inglés) de un producto o proyecto resulta relevante para esta investigación y se define como: todos los gastos incurridos en la adquisición y utilización de un producto a lo largo de su vida útil[5].

Como se puede observar en la figura 18.1, el pico de los costos se ejerce en la etapa de producción, pero los costos de operación y soporte se ejercen en un periodo más prolongado lo cual indica que es un aspecto muy relevante.

Los costos iniciales, que incluyen diseño, desarrollo y producción, pueden ser aminorados por medio de la reducción de áreas construidas, adopción de métodos de construcción más

apropiados, sistemas estructurales simples y la estandarización de diseños y componentes[6]. En el caso particular de los proyectos se identifican cuatro etapas cuyos costos se desglosan de la siguiente manera:

- a) Diseño y desarrollo: Incluye materiales, administrativos, trabajadores, transporte todas aquellas actividades que tengan como objeto el diseño de un proyecto.
- b) Producción: Incluye costos de ejecución del proyecto.

- 
- 4 - Oliva, R., Kallenberg, R. (2003) Managing the transition from products to services. "International Journal of Service Industry Management", 14(2), p.160-72.
  - 5 - Elmakis, D., Lisnianski, A. (2006) Life cycle cost analysis: Actual problem in industrial Management. "Journal of Business Economics and Management" 7(1), 5-8
  - 6 - Sherif, A. (1999) Hospitals of developing countries: Design and construction economics. "Journal of Architectural Engineering", 5(3), p. 74- 81.
  - 7 - Gaio, C., de Brito, J., & Silvestre, J. (2012). Inspection and pathological characterization of gypsum plasterboard walls. *Materiales de Construcción*, 62(306), 285-297.

c) Operación y soporte: Incluye los costos de mantenimiento, administración de inventarios, soporte técnico, capacitación del personal, documentación de datos técnicos y la administración logística del edificio. Adicionalmente, se pueden presentar pérdidas financieras cuando alguno de los sistemas presenta una interrupción en su desempeño debido a fallas.

d) Disposición final: todos aquellos costos asociados con la desactivación y preparación del edificio para su disposición final[7].

La etapa de operación del edificio representa el 55% del costo total considerando un periodo de 40 años [8]. Por lo tanto, enfocarse solamente en el costo inicial sin consideración alguna del valor presente de los costos de mantenimiento y de operación futuros es a menudo una seria omisión durante la programación, planeación y diseño de los proyectos[9].

A comienzos del siglo XXI se reconoció el valor de las propiedades como un gran centro de capital que puede contribuir en las utilidades, y por esa razón, deben ser administrados de manera efectiva[10]. La administración de los edificios puede ser subdividida en cinco categorías principales:

- Administración y planeación de edificios.
- Operación y mantenimiento de edificios.
- Estados financieros.
- Factores humanos y ambientales.
- Análisis de riesgos

El presente documento está orientado a la categoría de operación y mantenimiento de edificios y uno de los sistemas que se puede adoptar es la Administración Basada en Desempeño del Edificio (PeBBu, Performance-Based Building) cuyos principios son los siguientes:

- Traducir las necesidades humanas a requerimientos de los usuarios.

- Transformar dichas necesidades en requerimientos técnicos y criterios cuantitativos.
- Responder a dichos requerimientos a lo largo del ciclo de vida del edificio[11].

Los estudios recientes de la administración de edificios han empezado a considerar los aspectos técnicos y sus repercusiones en los programas de mantenimiento y modernización de los edificios[12]. Los rápidos avances tecnológicos que estimulan requerimientos de desempeño más altos, acompañado de la gran complejidad de los edificios modernos, han forzado a los administradores a considerar nuevos patrones para conseguir el confort, seguridad, eficiencia energética y costo-beneficio de sus construcciones.

## SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

En este punto es relevante identificar sistemas que apliquen el ciclo de vida, uno de ellos son los Sistema de Ingeniería (System Engineering Process, SEP por sus siglas en inglés) que se define como una aproximación interdisciplinaria para proveer un conjunto de soluciones, basados en el ciclo de vida, que satisfaga las necesidades de un cliente[13].

---

8 - Flanagan, R. and Norman, G. (1989) Life-Cycle Costing: Theory and Practice. RICS, Surveyors Publications Ltd, London.

9 - Documento Tomado de: <http://www.maxwideman.com/papers/managing/summary.htm>. Capturado: Octubre 26, 2004. Traducción libre por: José H. Loría Arcila.

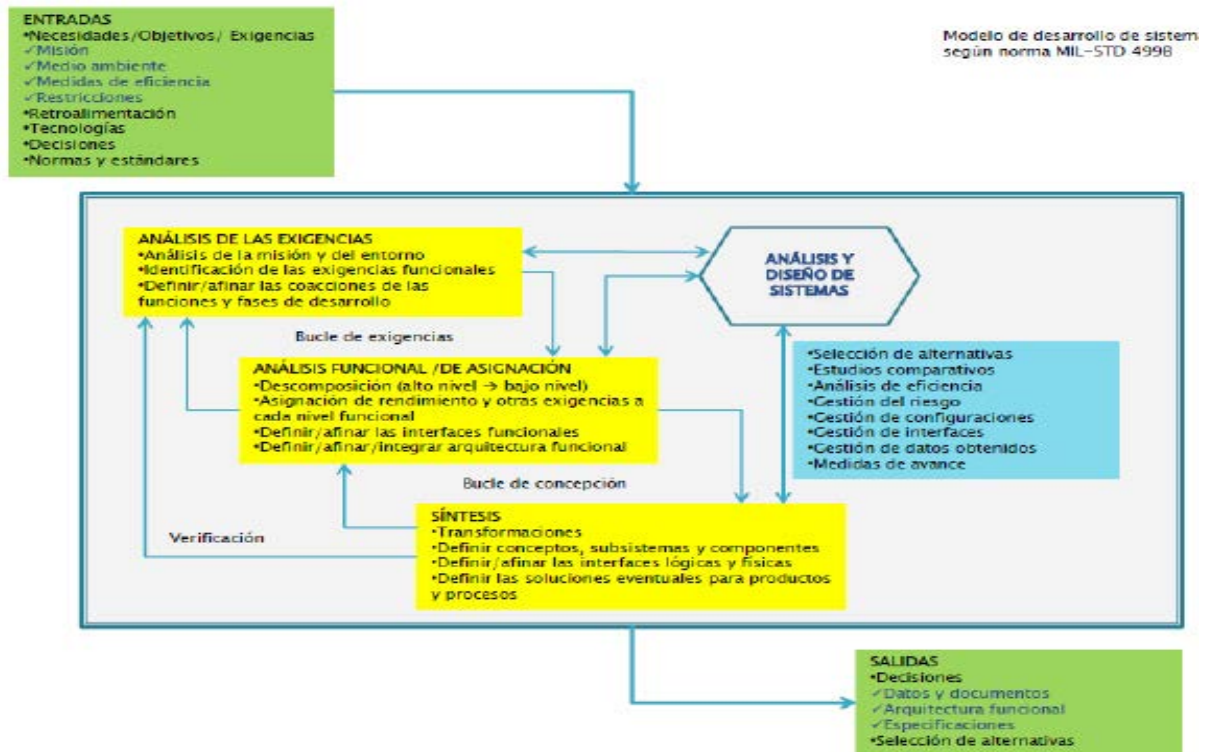
10 - Douglas, J. (1996) Building performance and its relevance to Facilities Management. "Facilities", Vol. 14 No.3, p 23-32.

11 - Lavy, S., Shohet, I. (2004) Integrated maintenance management of hospital buildings: a case study, "Construction Management and Economics", 22 (1), p 25-34.

12 - MacSporran C., Tucker S. (1996) Target budget levels for building operating costs, "Construction Management and Economics", 14 (2), p 103-119.

13 - Air Force Instruction MIL-STD-499B (Draft) (2005). Disciplined Systems Engineering Process.





**Figura 18.2** Pantalla prototipo “password” Fuente: Baruch Martínez

A manera de ejemplo, en la figura 18.2 se muestra un proceso iterativo de un Sistema de Ingeniería (SEP por sus siglas en inglés). Se puede observar que se inicia con las entradas determinadas por el cliente o involucrados en el diseño de sistemas, seguidamente se realiza un análisis de dichos requerimientos que detona el estudio del funcionamiento que incluye el desglose de los componentes o elementos que podría incluir el sistema; finalmente se llega a una síntesis en donde se definen cuáles son los componentes finales del sistema, información, relaciones, soluciones y procesos. Así se tiene un modelo conceptual del sistema por medio del cual se puede tener información para la toma de decisiones o selección de alternativas.

El funcionamiento del sistema anterior no difiere mucho de los sistemas de administración de infraestructura, ya que éstos también localizan

componentes en el sistema para identificar deficiencias y mejoras[14].

Los pasos para desarrollarlos también incluyen: recolección de datos, monitoreo del sistema, impactos en los usuarios, selección de estrategias y la implementación y retroalimentación de dicha estrategia[15].

## ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA UTILIZANDO TECNOLOGÍA SIG

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para

14 - Sanford, K., McNeil S. (2008) Agent-Based Modeling: Approach for Improving Infrastructure Management. "Journal of Infrastructure Systems" 14 (3) p. 253-261.

15 - Haas, R., Hudson, W., Zaniewski, J. (1994). Modern pavement management, Krieger, Melbourne.

ÁREA DE APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN / PROPÓSITO
Environmental sustainability of built environment (Häkkinen and Kiviniemi, 2008)	Utilizar la información BIM de la etapa de diseño para la operación del edificio. Investigar el potencial de BIM en la búsqueda de soluciones para los problemas de procesos sustentables en los edificios.
Integration of BIM into web service application (Permala et al., 2008)	Compartir información en tiempo real para aminorar el problema de transparencia de información en la cadena de la construcción. El producto final terminado fue un prototipo, llamado CS Collaborator. El programa CS Collaborator fue uno de los primeros intentos de construir un servicio BIM, basado en servicios web.
Integration of BIM and IFC standards into performance-based building standards and business processes (Huovila, 2008)	Para mejorar la innovación y desarrollo sustentable. El potencial de la valuación durante todo el ciclo de vida de los edificios con el uso de BIM fue identificado en un buen número de áreas incluyendo los requerimientos del cliente y el usuario final, la sustentabilidad del edificio en sus diversas fases del ciclo de vida, toma de decisiones, reingeniería de procesos constructivos, etc.

**Figura 18.3** Síntesis de aplicación de tecnología BIM en la administración de edificios.

actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus componentes con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Las técnicas y procedimientos de los SIG juegan un papel importante en el análisis de alternativas en la toma de decisiones por parte de los administradores de la infraestructura[16].

De acuerdo a Ritcher hay cinco razones principales de porqué los gobiernos adoptan la tecnología SIG:

- Se mejora la eficiencia.
- Se cuenta con mejor información para la toma de decisiones.

- Más consistencia en la información.
- Mejor organización debido a un enfoque holístico de la información.
- Hay una mejor interacción entre el público y el gobierno[17].

### ADMINISTRACIÓN DE EDIFICIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA BIM

De acuerdo al comité de The National Building Information Modeling Standards (NBIMS) la definición de BIM es: representación digital de las características físicas y funcionales de un inmueble. Un modelo BIM es una fuente de información confiable que puede servir de base para la toma de

16 - Malczewski, J., (2006) GIS based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, "International Journal of Geographical Information Science" 20 (7)

17 - Richter, M., Governing Guide/ Mapping the Future, Governing Magazine. November 1992.

Modelo Roles Principales	DESCRIPCIÓN / PROPÓSITO	FASE	ETAPA
Modelo BIM	<b>P) Propietario</b> A) Arquitecto I) Ingenieros C) Contratista	Pre-proyecto	0. Requerimientos del portafolio 1. Concepción de las necesidades 2. Primeras aproximaciones de factibilidad 3. Factibilidad
Modelo tipo borrador	<b>A) Arquitecto</b> I) Ingenieros C) Contratista	Pre- construcción	4. Primeras aproximaciones al diseño conceptual 5. Diseño conceptual completo 6. Coordinación del diseño (y procuración)
Modelo detallado	<b>C) Contratista</b> I) Ingenieros	Construcción	7. Producción de información 8. Construcción
Modelo 'as built' como fue construido	<b>C) Contratista</b> I) Ingenieros	Post-construcción	9. Operación
Modelo para administración de edificios	<b>F) Administrador del Edificio</b>	Uso del edificio	10. Mantenimiento

**Figura 18.4** Modelo de referencia para la información del ciclo de vida y los roles en las fases de los edificios de acuerdo al ISO 22263:20081

decisiones durante el ciclo de vida del edificio, definido como el periodo comprendido desde la concepción del proyecto hasta la demolición de la construcción[18]. BIM provee muchas ventajas sobre los dibujos 2D tradicionales debido a que permite una representación digital, paramétrica e inteligente, rica en información, orientada a los componentes. A nivel mundial se están desarrollando programas de investigación que son parte del desarrollo de la tecnología BIM; las áreas de estudio y sus autores se sintetizan la figura 18.3[19].

Utilizando BIM se desarrolla un modelo computacional de un edificio que puede contener información de cada una de las etapas del ciclo de vida de un edificio.

De acuerdo al estándar ISO 22263:2008 de la Organización de la información de los trabajos de construcción- Marco para la administración de la información del proyecto (Organization of

information about construction Works, Framework for management of project information) los modelos tienen una clasificación y se representa en la figura 18.4. La administración de los edificios por medio de la tecnología BIM provee la visualización de las relaciones que guardan los diferentes componentes del inmueble su localización precisa y el acceso los datos de la condición actual de los diferentes atributos asignados a cada componente.

## SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CON TECNOLOGÍAS SIG Y BIM

Como se ha explicado en apartados anteriores la tecnología SIG se utiliza en la administración de

18 - NBIMS, (2007) , disponible en [http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1\\_p1.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf).

19 - Wong, A., Wong, F., Nadeem A. (2010) Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries, "Architectural Engineering and Design Management", 6 (4), p. 288-302



**Figura 18.5** Proceso para la administración de la infraestructura.

infraestructura en muchas ciudades alrededor del mundo. Sin embargo, los edificios también son parte de la infraestructura pero tienen un mayor grado de complejidad y detalles, es decir, se conjuntan múltiples sistemas en su interior que serían difíciles de administrar con el SIG; es por eso que para el caso particular de los edificios se requiere de la tecnología BIM para modelar los componentes del edificio que requieran administrarse.

Un aspecto importante para la integración de ambas tecnologías radica en la transformación de la información detallada de un edificio a un ambiente geoespacial. Actualmente el desarrollo de los SIG permiten la inclusión de geometrías 3D (modelos geométricos) y reflejar sus relaciones espaciales (en modelos topográficos). Con el desarrollo paralelo de ambas tecnologías ahora es posible desarrollar sistemas de administración de infraestructura que permitan un uso integrado de información geoespacial y del edificio.

A continuación se describen dos proyectos cuyas características y procedimientos implementados

resultan relevantes para la presente investigación. Caso 1. Sistema de administración de infraestructura en la Ciudad de Alberta, Canadá En Canadá cada uno de sus municipios es responsable de la propiedad, operación y mantenimiento de su infraestructura. En este caso implementan el siguiente proceso para la administración de la infraestructura municipal: La unidad básica para implementar este sistema es el componente de infraestructura que se define como un componente o parte de uno que puede ser reemplazado de manera independiente o que tiene un periodo de vida significativamente diferente.

20 - Hjelseth E. (2010) Exchange of Relevant Information in BIM Objects Defined by the Role- and Life-Cycle Information Model, "Architectural Engineering and Design Management", 6(4), p. 279-287.

21 - Isikdag U, Underwood J, Aouad G, Trodd N,.. (2007) Investigating the Role of Building Information Models as part of an Integrated Data Layer: A fire response management case, "Architectural Engineering and Design Management", 3, p. 124-142.

22 - Municipal\_Asset\_Management\_Plans (2010) Disponible en [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset\\_Management/Tools\\_and\\_Resources/AssetSMART-A\\_Local\\_Government\\_Self\\_Assessment\\_Tool\\_\(BETA\)--LGAMWG--September\\_2010.pdf](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Tools_and_Resources/AssetSMART-A_Local_Government_Self_Assessment_Tool_(BETA)--LGAMWG--September_2010.pdf).

Property		
Material	<i>Material</i> (and layers) — in accordance with Australian Building Glossary or other definitive industry reference	<i>FireRating</i> — in accordance with BCA*
Nivel de acústica	<i>AcousticRating</i> — in accordance with BCA	<i>Combustible</i>
Superficie flamable	<i>SurfaceSpreadOfFlame</i>	<i>ThermalTransmittance</i>
	<i>LoadBearing</i>	<i>Compartmentation</i>

\*Building Code of Australia

**Figura 18.6** Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio.

## CASO 2. ADMINISTRACIÓN DEL EDIFICIO DE LA ÓPERA DE SYDNEY, AUSTRALIA.

La investigación para el modelado del proyecto de la Administración del edificio de la Ópera de Sydney ha demostrado beneficios significativos en el diseño y digitalización de manuales operativos y de mantenimiento.

Este edificio no contaba con modelos digitales de su estructura interna, por lo que se identificó una oportunidad para investigar la aplicación de modelado del edificio con tecnología BIM para la administración del inmueble. Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes: La implementación de los estándares internacionales de la tecnología BIM para propósitos de administración de edificios.

- Determinar el potencial de la tecnología BIM como un marco de referencia en donde se integren los datos para administración del edificio.
- Determinar la flexibilidad y extensión de la tecnología BIM para afrontar requerimientos y datos específicos para la administración del edificio.

- Determinar la habilidad de la tecnología BIM para agregar inteligencia al modelo.
- Determinar la metodología para administración de la Ópera de Sydney utilizando tecnología BIM.

Metodología utilizada para el Sistema de Administración del edificio:

- Se inicia con la determinación de los requerimientos del edificio por medio de encuestas directas con los involucrados en la administración.
- Se define que el sistema será un modelo de la ópera de Sydney que contendrá información exacta, confiable y relevante que permita la administración de sus operaciones, alteraciones o adiciones de sus sistemas y para la administración del mantenimiento.
- Se utiliza tecnología SIG para integrar el modelo maestro a su entorno por medio de referencias geoespaciales definido como "Plano de referencia de la Ópera de Sydney",



	Property	Setting
Nombre	Name	Plant reference as defined by Sydney Opera House e.g. "BG1147".
Descripción	Description	Plant description as defined above (complementing the matching asset item Name e.g. "Lift No. 06").
Elemento	Element	Sydney Opera House Asset element classification e.g. "Transportation".
Localización del ítem	ItemLocation	Sydney Opera House Room number.
Espacio funcional	Functional space	Refer Figure 4: Spatial hierarchy
Parentesco	Parent	Owning Plant reference e.g. "BG1141 Lifts".
	Name	Plant reference as defined

**Figura 18.7** Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados al mantenimiento.

	IFC property	Setting
Nombre	Name	Asset element or place as defined above
Descripción	Description	Asset name as defined above (complementing the asset name)
Fecha	BFI Date	dd/mm/yyyy date the Fabric index was measured
Calificación	BFI Rating	% rating
Calificación deseable	BFI Target	% rating to be achieved
Referencia con otros elementos	BFI Benchmark	Reference rating
Notas de la inspección	BFI Note	Comments made at the measurement inspection
Nombre de la inspección	BFI Inspection name	Reference for inspection
	BPI Date	dd/mm/yyyy date the Presentation

**Figura 18.8** Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados a la operación.



**Figura 18.9** Implementación del sistema del modelado en 3D.

	Metros Construidos	Monto total que se ha invertido en la construcción
Campus de Ciencias Sociales, Económico-Administrativas y Humanidades	22.025 m <sup>2</sup>	\$176, 200, 000
Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías	10, 942 m <sup>2</sup>	\$87, 536, 000
Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias	6, 037 m <sup>2</sup>	\$48, 296, 000
Campus de Ciencias de la Salud	1, 510 m <sup>2</sup>	\$12, 080, 000
Unidad Multidisciplinaria Tizimín	2, 710 m <sup>2</sup>	\$21, 680, 000
Unidad Académica Bachillerato con Interacción Comunitaria	437 m <sup>2</sup>	\$3, 496, 000
<b>TOTAL</b>	<b>43610 m<sup>2</sup></b>	<b>\$349, 288, 000</b>

**Figura 18.10** Recursos ejercidos por la UADY en sus nuevos Tcampus.

para geoposicionarlo, de tal manera que el modelo pueda ser calibrado de acuerdo a su escala real. También se obtiene información relevante para la administración del lote en donde está construido tal como: información catastral, uso de suelo, tenencia, registro del terreno y otros aspectos.

- El modelo maestro fue dividido en sub-modelos más especializados agrupados de acuerdo a las necesidades administrativas. También se definió una organización jerárquica de los componentes.
- Se continúa con el modelo arquitectónico en donde se definen los siguientes aspectos: Propiedades de los elementos o componentes del edificio: Las propiedades se definen como la información relevante para la administración (tipo de elemento, material, color etc.) contenida en los elementos identificados

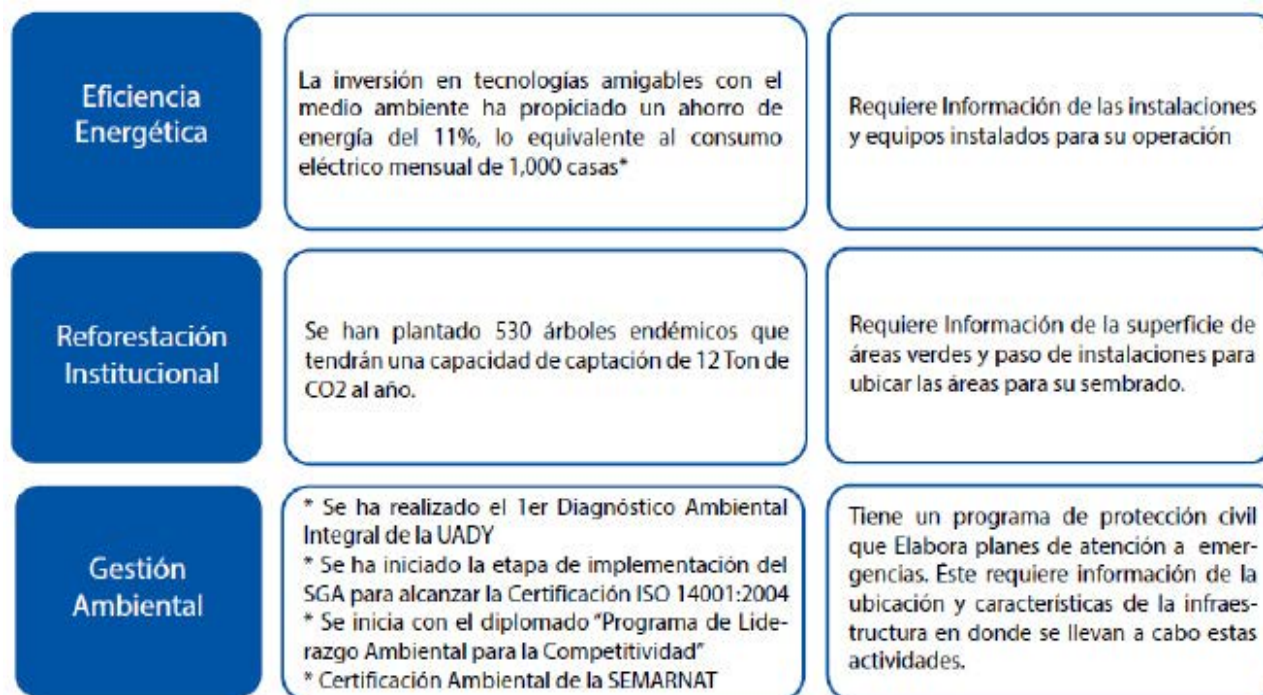
dentro del modelo. En este caso, se toman como referencia de las especificaciones internacionales para determinar las propiedades que conforman al edificio y se sigue el esquema de la (figura 18.6).

**Mantenimiento:** Los elementos o componentes enlistados con anterioridad también pueden presentar los siguientes atributos, que se definen como: la información orientada al mantenimiento muy particular contenida en cada uno de ellos (localización, tipo de elemento, descripción, etc.).

En la figura 18.7 se muestra un ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados al mantenimiento.

**Índice de condición del edificio (operación):** Es un método que se ha adoptado en este edificio para medir su limpieza y apariencia general, cuya





**Figura 18.11**

información también se incluye en el modelo por medio de un formato como el de la figura 18.8.

Para finalizar se realiza una auditoría al modelo para su validación, esto se logra por medio de softwares como: Solibri Model Checker, Finland, NavisWorks Jetstream, UK y el DesignCheck, CRC for Construction Innovation, Australia. En la figura 18.7 se puede observar la implementación del sistema en donde se observa el modelo en 3D y la información que se puede obtener de sus componentes. En este caso específico se realizó una prueba con los niveles de consumo de energía en las diferentes áreas del edificio.

### **SITUACIÓN ACTUAL DE LA ADMINISTRACIÓN DE EDIFICIOS DE LA UADY**

Para la UADY uno de los ejes fundamentales para el trabajo universitario es la consolidación de los campus por área del conocimiento, dotándolos de

instalaciones apropiadas que faciliten la adecuación de espacios para el aprendizaje de los estudiantes y espacios funcionales de convivencia. Esto le ha significado una inversión de \$349, 288, 000.00 que se desglosa en la figura 18.10.

Administrar infraestructura con esta extensión es complejo y se hace más complicada debido a que los campus enlistados se encuentran en diversos puntos de la ciudad y presentan características propias. Sin embargo, esta cantidad no representa la superficie total de UADY debido a que cuenta con otro tipo de infraestructura tal como oficinas, unidades deportivas, coordinaciones y los edificios que han sido desalojados como consecuencia de su traslado a los campus.

Existe un departamento de Gestión del Medio Ambiente y otro de Ahorro y Eficiencia energética que tienen requerimientos específicos de información para llevar a cabo sus planes estratégicos, dichos requerimientos se enlistan a continuación: Como se puede observar,

se han planteado programas de construcción y mejora de las instalaciones universitarias; sin embargo, para lograr estos proyectos se necesita de información confiable sobre la cual se pueda trazar una estrategia adecuada.

## RESULTADOS

Actualmente se está trabajando para cumplir con el primer objetivo específico, el cual consiste en: analizar los sistemas existentes para la administración de infraestructura orientados a la operación y mantenimiento.

## CONCLUSIONES

- La importancia de la administración de los edificios radica en que ofrece datos y herramientas para la toma de decisiones de los administradores.
- En la primera sección del documento se hace evidente la importancia del periodo de operación en el ciclo de vida de los proyectos de construcción; en donde los costos de operación y mantenimiento pueden representar hasta el 55% del costo total considerando un periodo de 40 años.
- En cuanto al uso de la tecnología SIG, ésta ha sido utilizada para la administración de la infraestructura de las ciudades y muchos gobiernos la han implementado como una herramienta que proporciona datos localizados en un espacio específico que se representa por medio de imágenes y tablas de datos.
- La tecnología BIM se ha implementado en varios proyectos para la administración de edificios desde su etapa de pre diseño hasta la de operación.
- La presente investigación puede contribuir al Programa de Gestión Responsable de la Infraestructura Institucional, proporcionando

una herramienta piloto para la administración de infraestructura de la UADY.

## BIBLIOGRAFÍA

- Air Force Instruction MIL-STD-499B (Draft) (2005). Disciplined Systems Engineering Process.
- Ciclo de Vida de un proyecto de Construcción. Documento tomado de: <http://www.maxwideman.com/papers/managing/summary.htm>. Capturado: Octubre 26, 2004. Traducción libre por: José H. Loría Arcila.
- Douglas, J. (1996) Building performance and its relevance to Facilities Management. "Facilities", Vol. 14 No.3, p 23–32.
- Elmakis, D., Lisnianski, A. (2006) Life cycle cost analysis: Actual problem in industrial Management. "Journal of Business Economics and Management" 7(1), 5-8.
- Flanagan, R. and Norman, G. (1989) Life-Cycle Costing: Theory and Practice. RICS, Surveyors Publications Ltd, London.
- Gaio, C., de Brito, J., & Silvestre, J. (2012). Inspection and pathological characterization of gypsum plasterboard walls. *Materiales de Construcción*, 62(306), 285–297.
- Haas, R., Hudson, W., Zaniewski, J. (1994). Modern pavement management, Krieger, Melbourne.
- Hjelseth E. (2010) Exchange of Relevant Information in BIM Objects Defined by the Role- and Life-Cycle Information Model, "Architectural Engineering and Design Management", 6(4), p. 279-287.
- Isikdag U, Underwood J, Aouad G, Trodd N,.. (2007) Investigating the Role of Building Information Models as part of an Integrated Data Layer: A fire response management case, "Architectural Engineering and Design Management", 3, p. 124-142.

Lavy, S., Shohet, I. (2004) Integrated maintenance management of hospital buildings: a case study, "Construction Management and Economics", 22 (1), p 25-34.

MacSporran C., Tucker S. (1996) Target budget levels for building operating costs, "Construction Management and Economics", 14 (2), p 103-119.

Malczewski, J., (2006) GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, "International Journal of Geographical Information Science" 20 (7).

Municipal Asset Management Plans (2010). Disponible en [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset\\_Management/Toolsand\\_Resources/AssetSMART](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Toolsand_Resources/AssetSMART).

Municipal Asset Management Plans (2010). Documento tomado de [http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide\\_for\\_Municipal\\_Asset\\_Management\\_Plans](http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans). Capturado: Mayo 07, 2014. Traducción libre por: Pamela Alcalá.

Municipal\_Asset\_Management\_Plans (2010) Disponible en [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset\\_Management/Tools\\_and\\_Resources/AssetSMART\\_-\\_A\\_Local\\_Government\\_Self\\_Assessment\\_Tool\\_\(BETA\)--LGAMWG--September\\_2010.pdf](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Tools_and_Resources/AssetSMART_-_A_Local_Government_Self_Assessment_Tool_(BETA)--LGAMWG--September_2010.pdf)

NBIMS, (2007), disponible en [http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSV1\\_p1.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSV1_p1.pdf).

Oliva, R., Kallenberg, R. (2003) Managing the transition from products to services. "International Journal of Service Industry Management", 14(2), p.160–72.

Pratt R. (2011) Mulling Infrastructure Efficiency, Service Management. Powergrid. Disponible en: <http://www.power-grid.com> Recuperado el 24 de enero de 2014.

Richter, M., Governing Guide/ Mapping the Future, Governing Magazine. November 1992.

Sherif. A. (1999) Hospitals of developing countries: Design and construction economics. "Journal of Architectural Engineering", 5(3), p. 74- 81.

Sanford, K., McNeil S. (2008) Agent-Based Modeling: Approach for Improving Infrastructure Management. "Journal of Infrastructure Systems" 14 (3) p. 253-261.

Wong, A., Wong, F., Nadeem A. (2010) Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries, "Architectural Engineering and Design Management", 6 (4), p. 288-302.



**Arq. Hugo Sánchez Vicente**

Universidad Politécnica de Madrid, España  
hugoupm@gmail.com

**Arq. Felipe Choclán Gámez**

Universidad Politécnica de Madrid, España  
arquitecto@sachconsulting.com

19

---

## LA METODOLOGÍA BIM EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR RETAIL



## RESUMEN

En algunos proyectos de construcción, como puede ser un proyecto de rehabilitación o de reforma en el sector retail, la relación entre las fases puede ser iterativa y no obedecer a una relación estrictamente secuencial. Los requerimientos del cliente exigen otras vías de desarrollo del negocio de consultoría de project management, por los plazos de entrega y la consiguiente velocidad de ejecución, por un lado; y la inestabilidad del entorno asociada a los proyectos de rehabilitación, por otro. Es esencial la comunicación entre el equipo y la colaboración con el cliente para lograr una gestión eficiente en este tipo de proyectos.

Las culturas empresarial y organizativa han de estar alineadas con el tipo de metodología a emplear. Aquellas empresas de consultoría que están dispuestas a apostar por una mayor flexibilidad pueden tomar como referencia las herramientas y técnicas que ofrece la metodología BIM para implementar un modelo de gestión que se adapte a los cambios derivados de la inestabilidad que define el entorno de este tipo de proyectos, que imposibilita la aplicación de las técnicas y herramientas tradicionales que se llevan empleando hasta la fecha en la mayor parte de proyectos de construcción.

## ANTECEDENTES

Las metodologías tradicionales han sido la base del desarrollo durante décadas de los proyectos de construcción. Sus técnicas y herramientas han sido la clave para el desarrollo de los grupos de procesos que componen los proyectos. No obstante, las metodologías tradicionales no resultan las más idóneas para proyectos de rehabilitación, reforma y otro tipo de trabajos que se alejan de aquéllos de obra nueva, quedando un gran vacío en el modo de gestionar estos proyectos, donde la relación entre las fases es iterativa, en vez de ser secuencial, como en la planificación tradicional de los proyectos. No obstante, en la gestión de proyectos de software sí se ha investigado en este ámbito para dar respuesta a las limitaciones que muestran los métodos tradicionales, basados en el control de las tareas que componen los procesos (Wysocki, 2014). Para ello, se aplican las metodologías ágiles, centradas mayormente en las comunicaciones entre los agentes intervinientes, gestionando el proyecto por medio de iteraciones a corto plazo (Beck, 1999). Como hemos mencionado, son escasas las investigaciones en proyectos de construcción sobre la aplicación de estos métodos.

En el estándar PMBOK (Project Management of Knowledge), se diferencian los tres tipos diferentes de relaciones que se pueden establecer entre las fases de un proyecto (Project Management Institute, 2013). Si bien las metodologías tradicionales hacen hincapié en las relaciones secuenciales y de superposición, no dan pautas para desarrollar un modelo de gestión basado en iteraciones. A pesar de ello, el PMBOK menciona que este enfoque puede ser útil en ambientes cambiantes o poco definidos.

El modelo de gestión basado en iteraciones implica contar con la disponibilidad del equipo completo durante todo el proyecto. Esta premisa, propia del desarrollo ágil de proyectos de software, es uno de los pilares fundamentales de la metodología

BIM de proyectos de construcción, donde la comunicación directa y la participación de todos los agentes intervinientes es clave desde el inicio del proyecto hasta su finalización, incluso en fases posteriores de mantenimiento (Choclán, 2014).

Después de esta breve introducción sobre las metodologías tradicionales y las metodologías ágiles en gestión de proyectos, podemos decir que éstas últimas surgieron para hacer frente a los problemas propios de los proyectos de software y no de construcción, donde tiene mayor importancia la funcionalidad del producto en sí, en lugar del control del alcance del proyecto. Sin embargo, hoy día el modo de construir no es el mismo que el de hace unas décadas, gracias a los avances que nos brinda la tecnología, aportando un valor añadido considerable en la gestión del proyecto. Las técnicas y herramientas que ofrece BIM resultan imprescindibles para aplicar los principios de los métodos ágiles, facilitando la comunicación entre el cliente y el equipo de trabajo, y entre estos y el resto de agentes y organismos involucrados. Afirmamos pues que con la metodología BIM aplicamos los principios ágiles de gestión en un proyecto de construcción. Somos capaces de crear prototipos virtuales en la fase de diseño similares a las iteraciones que se establecen en los procesos de software. Mediante estas herramientas de simulación conseguimos facilitar la retroalimentación y generar el feedback necesario entre el cliente y el equipo desde la fase de diseño, y sin añadir costes de producción al proyecto.

La metodología ágil en software parte de una serie de prototipos en versión de prueba para entregar al cliente. En edificación, las herramientas que ofrece la metodología BIM son clave en el desarrollo de los entregables para el cliente en cada iteración a lo largo del proyecto. En el sector retail los requerimientos por parte del cliente difieren de los requisitos de un proyecto tradicional de edificación. Un proyecto de rehabilitación lleva



implícita la inestabilidad del entorno en la que se desarrolla el proyecto, y el sector retail precisa de una velocidad de ejecución que no se corresponde con los proyectos de edificación convencionales.

Por esta razón se exigen otras vías de desarrollo del negocio de consultoría de project management, y hacen que sea esencial la comunicación que mencionábamos anteriormente para lograr una gestión eficiente: la evolución de la consultoría de project management está dirigida hacia el modo de interactuar con el equipo de trabajo y con el cliente. Los nuevos requerimientos u órdenes de cambio que surgen a lo largo del proyecto en retail hacen fundamental la capacidad de adaptación por parte del equipo de trabajo ante posibles adversidades (patologías de la edificación existente, necesidad de actuar con refuerzos estructurales, o incluso conflictos “habituales” con los organismos y otros agentes del proyecto). Aplicando las herramientas de BIM siguiendo las líneas de actuación de las metodologías ágiles (flexibilidad y adaptación) complementamos el marco de referencia basado en la planificación y control de los métodos tradicionales (M.N. Aydin, F. Harmsen, van K. Slooten, R.A. Stegwee, 2005).

## LA GESTIÓN BIM EN PROYECTOS DE RETAIL

Como se ha comentado anteriormente, para hacer frente a los problemas que surgen en las metodologías tradicionales en entornos poco definidos, aparecen los métodos ágiles enfocados en el desarrollo de software. Scrum ofrece “estrategias orientadas a la entrega temprana de resultados tangibles y a la respuesta ágil y flexible necesaria para trabajar en entornos inestables” (Scrum Manager, 2014); y es uno de los modelos de desarrollo ágil más empleado.

En lugar de garantizar la previsibilidad en la ejecución como ocurre en los proyectos de obra nueva en entornos bien definidos, en proyectos de rehabilitación o reforma en retail, resulta necesaria la capacidad de adaptación en mayor medida

que la previsibilidad. La capacidad de respuesta a los cambios en contraposición a la planificación y control de las metodologías tradicionales es una de las premisas expuestas en el Manifiesto Ágil (Beck, 2001) como contraposición a la metodología tradicional. Uno de los postulados que comparten los métodos ágiles, es el de valorar las interacciones entre los individuos más que a los propios procesos y herramientas. Al contrario que sucede en la metodología tradicional de proyectos, los procesos han de adaptarse a la organización, a los equipos y a las personas. BIM ofrece un entorno colaborativo óptimo para desarrollar estrategias ágiles de gestión en proyectos de retail. Otra de las bases de esta metodología, es la creación de prototipos que permitan anticipar el funcionamiento del producto final. De este modo se consigue reducir la documentación, evitando generar entregables innecesarios. BIM ofrece por medio de sus herramientas la interacción entre los distintos participantes, creando modelos virtuales integrados.

En escenarios poco previsibles, donde el proyecto no se puede definir con detalle al inicio y los requisitos son inestables, resulta más práctico fomentar la colaboración con el cliente por encima de una negociación contractual, tal como se expone en el manifiesto. En el Plan BIM se definirán los roles y las responsabilidades, constituyendo la herramienta contractual del proyecto. Como hemos mencionado antes, los métodos ágiles se basan en dar respuestas a los cambios en lugar de seguir un plan establecido, es decir, anteponen la adaptación y la anticipación a la planificación y control de la gestión de proyectos ortodoxa. La gestión de la comunicación en BIM minimiza los riesgos en términos de la gestión del plazo, al fomentar el feedback entre todos los participantes que comparten el modelo virtual y son partícipes en la toma de las decisiones.

## EL CICLO ITERATIVO DE DESARROLLO

Ahora bien, cuando la adquisición de la información se produce de modo incremental, las herramientas

y técnicas que ofrece la metodología BIM resultan óptimas en la fase de diseño, consiguiendo minimizar riesgos en la fase de ejecución. Con las metodologías ágiles se propone comenzar con una visión más global del proyecto, y a continuación detallar los trabajos priorizados a desarrollar en un breve período de tiempo. Cada uno de los ciclos de desarrollo o iteraciones, finaliza con la entrega de una parte operativa (incremento). En un proyecto de rehabilitación para un local comercial, este incremento es el modelo que contiene la información precisa en cada componente del edificio, y evolucionará conforme lo hagan los requisitos del cliente. Entre otros incrementos también se encuentran otros entregables o documentos que resultan necesarios para gestionar las licencias en los organismos correspondientes. Esta gestión se realiza a lo largo del ciclo de vida del proyecto, ese decir, antes, durante y después de la ejecución de la obra. En el ejemplo que venimos comentando de un proyecto de rehabilitación de un local comercial, la inestabilidad del escenario viene provocada por la velocidad de ejecución y, al mismo tiempo, por los organismos y autoridades que conceden los permisos correspondientes, licencias, ocupaciones de la vía pública, etc.

En este caso el resto de requerimientos del proyecto están subordinados al objetivo principal, que se trata de la fecha de apertura del local. Se trata pues de adoptar una estrategia basada en el desarrollo incremental por medio de iteraciones (sprints) y revisiones continuas, en lugar de la estrategia tradicional centrada en la planificación y en la ejecución completa del proyecto, ya que como comentábamos en el primer apartado, las fases de desarrollo se solapan en lugar de seguir un ciclo secuencial o de cascada. En retail, al no poseer toda la información al inicio del proyecto, la capacidad de adaptación prima sobre la de planificación. Una vez que hemos modelado el estado actual del edificio, tras la demolición o "vaciado" (sin tabiquería, revestimientos...etc.), podemos modelar el estado "real" del mismo, y adaptarnos

a las circunstancias existentes, como pueden ser las patologías en la edificación, posibles interferencias con aquellas instalaciones existentes no planteadas en el proyecto inicial...etc. Implementando métodos ágiles basados en el entorno colaborativo de BIM, podemos hacer frente a imprevistos que puedan convertirse en algún riesgo para el objetivo principal. En este tipo de proyectos la realidad no suele coincidir con lo planificado, por lo que resulta imposible identificar estos riesgos y, dependiendo del estado en el que se encuentre el edificio, la gestión de los plazos se puede ver afectada por una inminente rehabilitación estructural. Los costes que se derivan de adaptar el proyecto inicial (la versión "beta" del modelo) al "local vacío" (únicamente visualizando la estructura y las instalaciones existentes), son mínimos, pues se trabaja sobre un prototipo que se puede adaptar en tiempo real y con capacidad de respuesta al cambio, debido a la interoperabilidad que ofrece esta metodología. De este modo se consigue que el modelo integrado de BIM permita a los técnicos y demás agentes ser informados de las órdenes de cambio, ganando tiempo y reduciendo costes y documentación innecesaria, ya que son notificados en tiempo real y queda constancia de ello.

La metodología BIM propone generar una lista de tareas (Task List) desde la etapa de diseño, que a su vez es conocido en términos de Scrum como "pila del sprint", consistente en aquellas tareas necesarias para desarrollar un prototipo o "incremento", que evolucionará hasta un modelo final.

Las revisiones de constructabilidad de BIM se pueden realizar al finalizar cada una de las iteraciones que propone la metodología ágil. Para ello existen programas de gestión y revisión de los modelos, con un nivel de realismo suficiente para que incluso los subcontratistas puedan organizar su trabajo. El listado de verificación (Check List) se puede elaborar en la revisión del "sprint". En la Figura 1 mostramos el diagrama del ciclo iterativo que propone Scrum, en el que se relacionan los



**Figura 19.1** Diagrama del Ciclo Iterativo Scrum (Scrum manager, 2014)

componentes a tener en cuenta a lo largo de una iteración o "sprint".

El conjunto de requisitos del cliente se incluyen en la "pila del proyecto". Son aquellas funcionalidades que desea obtener éste, de forma que se ordenan atendiendo a la prioridad que él mismo otorga a cada una de ellas. Como hemos comentado, en retail el principal es la fecha de apertura del local y las correspondientes licencias, la calidad y el aseguramiento de los plazos y de los costes; y todos aquellos requisitos derivados de los principales, y nuevos requisitos que puedan surgir en otras fases del proyecto. Es el inventario de funcionalidades, mejoras y corrección de errores que deben incorporarse al prototipo a través de los sucesivos "sprints" o iteraciones. Las tareas que han de ejecutarse durante la iteración para generar el incremento previsto, corresponden a la "pila del sprint". Este incremento constituye la siguiente

versión del modelo integrado, y la "pila del sprint" descompone el proyecto en unidades de tamaño adecuado con la finalidad de poder monitorizar el avance diario, identificando riesgos y dando solución a posibles problemas sin necesidad de tener que recurrir a procesos de gestión complejos.

Según lo expuesto, el "incremento" es el resultado de cada "sprint", el modelo revisado y modificado atendiendo a las prioridades de esa iteración. El incremento o entregable final para el cliente es el cierre del proyecto, con las licencias y el modelo as built correspondiente. Cabe destacar que con la desactivación del proyecto y la puesta en marcha del edificio no se da por finalizado el ciclo de vida del mismo. De este modo damos paso a la implementación de las herramientas de gestión de Facility Management. La metodología vBIM tiene en cuenta la gestión del mantenimiento del edificio, y pone a nuestra disposición técnicas para el

seguimiento y control del mismo. Estas herramientas son recursos los suficientemente eficaces como para simplificar las labores de mantenimiento y operaciones a realizar en un futuro, de forma que logramos visualizar toda la información correspondiente al edificio, dando seguimiento a tiempo real y transmitiendo la información de un modo más eficaz entre los agentes o departamentos que se encuentran involucrados en las labores de mantenimiento del edificio.

La gestión de la comunicación y las órdenes de cambio En todo tipo de proyecto surgen deficiencias en la gestión de la información, normalmente causadas por una mala gestión en la transmisión de los flujos de comunicación de las órdenes de cambio, o por los documentos de diseño del edificio. Por lo general, la identificación del problema y la respuesta suele ser el mismo: la empresa constructora explica el problema identificado al director de proyecto, y éste se pone en contacto con el estudio de diseño (proyectista) con la finalidad de dar solución al problema.

En la rehabilitación de un edificio destinado a un local comercial, por ejemplo, es difícil llegar a un consenso inmediato y comunicárselo con eficacia a la empresa constructora. Supongamos que tras la fase de demolición se ha identificado el paso de unas instalaciones sin posibilidad de ser reubicadas, que no estaban contempladas en el proyecto inicial. De una forma u otra, la respuesta que espera la empresa constructora se retrasará, ya que empleando el procedimiento común de notificaciones, dicha información pasará por varios intermediarios antes del receptor final, y la orden de cambio se retrasará más de lo previsto.

El modelo integrado de BIM, minimiza estos tipo de impactos en el plazo, donde todos los involucrados trabajan con el mismo modelo activo, y todo el equipo participa, con sus roles y responsabilidades predefinidas, en la toma de decisiones. En los proyectos de retail que hemos analizado, gran

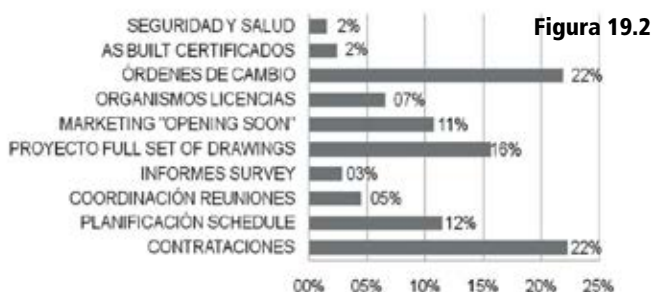
parte de las notificaciones se corresponden con órdenes de cambio derivadas de componentes no identificados en el modelo original del edificio, como es el caso anterior, y se ha tenido que tomar una solución más o menos acertada ya introducidos la fase de ejecución del proyecto.

Otras órdenes de cambio han sido notificadas en fase de diseño, lo que ha supuesto un ahorro considerable tanto en términos de trabajos a ejecutar como de plazos de ejecución no alterados. La mayor parte de estas notificaciones son relativas a la normativa y los flujos de comunicación suelen realizarse entre el estudio de diseño, el director de proyecto y los distintos organismos que conceden las licencias. Por ejemplo, en el caso de tener que instalar un ascensor que no estaba contemplado en el proyecto original, la solución de un técnico puede verse rebatida por el estudio de diseño. Si para el técnico se trata de un problema que se resuelve mediante una operación estructural, para el estudio de diseño ha de ser una solución viable también con la tasa de retorno de la inversión, que afecte lo mínimo posible a la distribución del mobiliario expositor del producto en zona de ventas.

El retraso derivado de este problema, y del consenso entre las distintas partes, se podría haber evitado siguiendo una estrategia de comunicación basada en los métodos ágiles, teniendo en cuenta en las iteraciones anteriores de la fase de diseño a todo el equipo del proyecto, incluida la gestión de licencias que asegurase el cumplimiento de la normativa desde el comienzo del mismo.

Entre la documentación revisada sobre las solicitudes de información, se han identificado escritos que analizan los flujos de comunicación que se establecen entre los interlocutores. Son de gran interés algunos de los datos expuestos, por ejemplo, aquellos relacionados entre la empresa constructora y el director de proyecto, en los que más de dos tercios de las solicitudes están relacionadas con "deficiencias en los documentos





**Figura 19.2**

**Figura 19.2:** Clasificación de solicitudes de información en proyectos de retail.

**Figura 19.3:** "Pila del sprint" base en un proyecto de retail.

**Figura 19.4:** Definición de los incrementos base en un proyecto de retail.

1	OBJETIVO: Informe y survey (zonificación) Acta de Constitución del Proyecto
2	OBJETIVO: Full Set of Drawings revisado (Proyecto Global) Layout
3	OBJETIVO: Licencias / Solicitud de licencias Detail Drawings (Proyecto Básico) Full Set of Drawings (Proyecto Global)
4	OBJETIVO: Comparativo ofertas y Adjudicación Proyecto de Ejecución Proyecto de Ejecución Visado Oferta Contratación
5	OBJETIVO: Acta de inicio y replanteo de obra Solicitud de Ocupación de la Vía Pública
6	OBJETIVO: Weekly Report (Informes de seguimiento) Planning de Obra Fechas de envío del material a la obra Levantamiento Local Vacío
7	OBJETIVO: Apertura del local Levantamiento As Built, previo a la instalación del mobiliario Turn Over
8	OBJETIVO: Final de Obra visado y Certificados Wishlist (requisitos de los trabajadores)
9	OBJETIVO: Informe favorable inspección técnica Documentación a presentar en la Administración
10	OBJETIVO: Obtención de licencias e Informe de Cierre Acta de Cierre del Proyecto, Reunión de Revisión y Lecciones Aprendidas

**Figura 19.3**

1	Informe y survey (zonificación)
2	Full Set of Drawings revisado (Proyecto global)
3	Licencias / Solicitud de licencias
4	Comparativo ofertas y Adjudicación
5	Acta de inicio y replanteo de obra
6	Weekly Report (Informes de seguimiento)
7	Apertura del local
8	Final de Obra visado y Certificados
9	Informe favorable inspección técnica
10	Obtención de licencias e Informe de Cierre

**Figura 19.4**

de diseño/ingeniería", dato que "es un buen indicador de los tiempos que generalmente destina una empresa contratista en revisar los documentos de diseño e ingeniería del proyecto y el esfuerzo que invierte en tratar de resolver las deficiencias encontradas en los planos y especificaciones técnicas debido a una inadecuada representación gráfica, a la falta de detalles, incompatibilidades o a una deficiente integración con los planos de las demás especialidades, sacrificando tiempo-esfuerzo que podrían ser dedicadas a la realización de actividades exclusivamente productivas". (Alcántara Rojas, P.V., 2013).

Estos errores, identificados posteriormente en la fase de ejecución, son consecuencia de la incompatibilidad y falta de definición en los planos del proyecto de ejecución, tanto de estructuras, instalaciones y arquitectura. No obstante, su autor pone en manifiesto que hay que tener en cuenta que el bajo porcentaje de "interferencias entre instalaciones" es debido a que apenas son identificados. en los planos 2D con técnicas tradicionales. Como se ha comentado en el apartado anterior, para dar solución a estas deficiencias, BIM propone desde la etapa de diseño generar una lista de tareas consistente en aquellas a realizar por el equipo, para desarrollar un prototipo o "incremento", que evolucionará hasta el modelo final. De los proyectos de retail analizados, hemos obtenido una serie de datos sobre el modo de gestionar la comunicación entre las distintas partes. La Figura 19.2 expone el volumen de solicitudes de

información dependiendo de la fase y ámbito en el que se encuentra el proyecto. Como se puede observar, la mayor parte de solicitudes se centran en las órdenes de cambio y en la contratación de los trabajos. No obstante hay una gran cantidad de flujos de información en las fases previas, en las que se está gestando el proyecto, correspondiente al plazo que transcurre entre el primer layout del proyecto y el full set o proyecto de ejecución.

A partir de estos flujos de comunicación y de los plazos establecidos entre ellos, hemos elaborado una "pila del sprint" base para la gestión ágil de proyectos de retail, donde se expone el objetivo de cada "sprint" y los entregables necesarios, como muestra la Figura 3. Una vez definidos los requisitos comprometidos por el equipo para el "sprint", se han establecido los incrementos, como partes del proyecto a desarrollar en cada "sprint", tal como indica la Figura 4. El modelo virtual del edificio en BIM, es la herramienta básica para visualizar la evolución del proyecto en todo momento, con las órdenes de cambio aprobadas, desde el informe o suvey hasta el modelo as built del edificio. Es un modelo vivo, que ha evolucionado a lo largo de los incrementos hasta la entrega final que se hace al cliente.

## CONCLUSIONES

Como hemos comentado, en el sector de la construcción no siempre encaja la misma metodología para cualquier tipo de proyecto, como ocurre en el desarrollo de software. Cuando se trata de un entorno poco definido, donde la adquisición de la información es incremental, no resulta posible planificar desde el inicio las tareas tal como sucede con los métodos tradicionales. Es cuando nos preguntamos "¿Por qué no aplicar los modelos ágiles? ¿Por qué no hacer uso de otras metodologías para aportar mayor flexibilidad en la gestión del proyecto?" En entornos donde se valora más la comunicación y la adaptación al cambio, que permitan crear una serie de

prototipos virtuales, las técnicas y herramientas de BIM son más afines a las metodologías ágiles. Para proyectos de retail, donde los elementos que componen el proyecto suelen ser comunes a una imagen establecida y cabe la posibilidad de generar familias de elementos (tabiquería, mobiliario, instalaciones... etc.), resulta óptimo recurrir al modelo virtual del edificio que propone la metodología BIM. De este modo, las iteraciones en la fase de diseño repercutirán sobre una cantidad mayor de componentes, consiguiendo así beneficios en los plazos de ejecución y en el coste global del proyecto, por medio de prototipos.

La representación en dos dimensiones ha sido sucedida por el modelado de la información de construcción en tres dimensiones. Las herramientas de BIM integran diversos programas, consiguiendo unificar el modelo de trabajo y dando lugar a un sistema de información que se genera a lo largo del ciclo de vida del edificio y del que son partícipes los distintos agentes involucrados en el proyecto.

Como muestran los datos del apartado anterior, los métodos tradicionales de gestión de proyectos presentan grandes deficiencias ya que apenas se produce la interacción necesaria entre las etapas de diseño y de construcción. Al inicio del proyecto podemos detectar los errores cometidos en el modelo virtual, sin que repercutan en el edificio real y ahorrando así costes posteriores. En proyectos de retail la información también es incremental en la fase de construcción, no únicamente en la de diseño. Por esta razón, las metodologías tradicionales basadas en la planificación en vez de en la respuesta al cambio, no son adecuadas para gestionar este tipo de proyectos. Una vez realizada la demolición del interior del edificio, el modelo integrado de BIM facilita la generación del prototipo "local vacío", de modo que se consigue una mayor precisión en el proyecto, al adaptar el diseño a la estructura e instalaciones reales.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcántara Rojas, Paul Vladimir, Metodología para Minimizar las Deficiencias de Diseño Basada en la Construcción Virtual usando Tecnologías BIM. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima, 2013.

Beck, Kent, 1999, Embracing Change with Extreme Programming.

Beck, Kent, 2001, Manifiesto for Agile Software Development, Agile Alliance.

Cholcán, Felipe, 2014, Introducción a la Metodología BIM, nº14/01. Spanish Journal of BIM, BuildingSMART Spanish Chapter.

M.N. Aydin, F. Harmsen, van K. Slooten, R.A. Stegwee, 2005, On the adaptation of an agile information Systems Development Method. Journal of Database Management Special issue on Agile Analysis, Design, and Implementation.

Project Management Institute, 2013, A Guide to de Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), 5th edition.

Scrum Manager, Gestión de Proyectos Scrum Manager, Versión 2.5, Abril 2014

Wysocki, Rober K., 2014, Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme, Ed. 7, Wiley John + Sons

## ACERCA DE LOS AUTORES

Arq. Hugo Sánchez Vicente

Arquitecto. Alumno de Doctorado, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Arq. Felipe Choclán Gámez

Arquitecto. Alumno de Doctorado, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, España.



El libro BIM en la Construcción se terminó de imprimir el 15 de diciembre de 2017 por la Sección de Impresión y Reproducción de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, con domicilio en Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Azcapotzalco. México D.F. CP 02200.

Teléfono conmutador: 5318-9000.

La obra consta de 100 ejemplares.

©Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento de Procesos y Técnicas de Realización, Área de Investigación Administración y Tecnología para el Diseño. Av. San Pablo Xalpa Número 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Azcapotzalco, C.P.

02200, Ciudad de México. Tel: 53189482.

Página electrónica: <https://administracionytecnologiaparaeldiseño.azc.uam.mx>.

Dirección electrónica: [admontecnologia\\_diseno@hotmail.com](mailto:admontecnologia_diseno@hotmail.com).

# ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO

RED ACADÉMICA INTERNACIONAL

UADY - Universidad Autónoma de Yucatan

WPI - Worcester Polytechnic Institute

UAM-AZC - Universidad Autónoma Metropolitana

UPI - Universidad Politécnica de Madrid

e Invitados

**Para obtener ejemplares:**

**Departamento de Procesos y Técnicas de Realización**

+52(55) 53189181

**Área de Administración y Tecnología para el Diseño**

+52(55) 53189482

<http://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/>

**Librería**

+52(55) 53189281

